



TUGAS AKHIR - RC141501

# **PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN SPC (STATISTICAL PROCESS CONTROL) UNTUK MUTU BETON PADA PROYEK APARTMENT BIZ SQUARE**

**PRASETYA PANDU HUTOMO**

**NRP. 3116105007**

Dosen Pembimbing:

Supani, ST.,MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya



TUGAS AKHIR - RC141501

**PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN SPC  
(STATISTICAL PROCESS CONTROL) UNTUK MUTU  
BETON PADA PROYEK APARTEMEN BIZ SQUARE**

PRASETYA PANDU HUTOMO

NRP. 3116105007

Dosen Pembimbing:  
Supani , ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

*\*Halaman ini sengaja dikosongkan\**



UNDERGRADUATE THESIS - RC141501

**QUALITY CONTROL WITH SPC ( STATISTICAL  
PROCESS CONTROL) FOR CONCRATE QUALITY IN  
APARTMENT BIZ SQUARE PROJECT**

PRASETYA PANDU HUTOMO

NRP. 3116105007

Advisor :

Supani , ST.,MT.

DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING

Faculity Civil, Environmental, and Geo Engineering

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2018

*\*Halaman ini sengaja dikosongkan\**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN SPC (STATISTICAL PROCESS CONTROL) UNTUK MUTU BETON PADA PROYEK APARTEMEN BIZ SQUARE**

#### **TUGAS AKHIR**

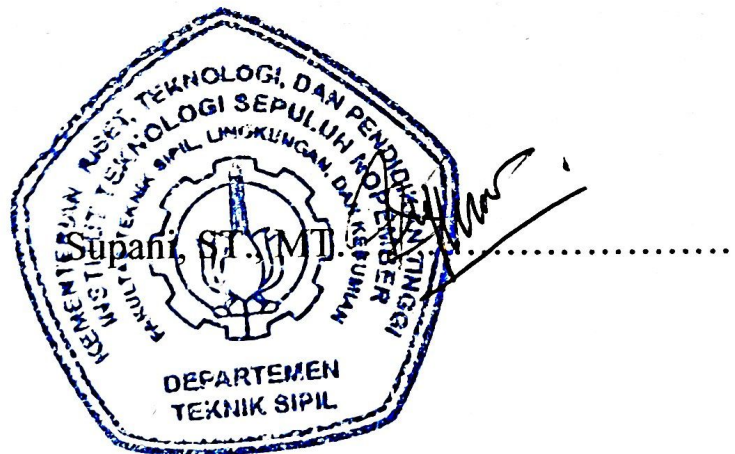
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**PRASETYA PANDU HUTOMO**

NRP. 3116105007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**SURABAYA, AGUSTUS 2018**

**PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN SPC  
(STATISTICAL PROCESS CONTROL) UNTUK MUTU  
BETON PADA PROYEK APARTEMEN BIZ SQUARE**

<b>Nama Mahasiwa</b>	<b>: Prasetya Pandu Hutomo</b>
<b>NRP</b>	<b>: 3116105007</b>
<b>Departemen</b>	<b>: Teknik Sipil FTSLK - ITS</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Supani, ST., MT.</b>

**ABSTRAK**

Dalam konstruksi bangunan gedung dengan banyaknya volume beton yang digunakan tidak mungkin dilakukan satu kali pengecoran. Proses pengecoran yang dilakukan berulang kali maka, diperlukan pengawasan dan pengendalian proses untuk menjamin kualitas. Penyimpangan mutu beton di suatu proyek konstruksi dapat menambah besar biaya non performance dan waktu. Penelitian ini menganalisa bagaimana variabilitas dan tren mutu beton yang terjadi selama pembangunan proyek tersebut.

Analisa ini ditinjau dari objek pembangunan apartement Biz Square tower A yang memiliki ketinggian 15 lantai. Pada penelitian ini tools yang digunakan adalah tools yang ada pada metode Statistical Procces Control (SPC). Mengaplikasikan metode SPC pada pengendalian kualitas kontrol produksi bangunan gedung khususnya mutu beton. Desain penelitian ini adalah diskriptif kualitatif, yang mana sample diambil dari data dokumen inspeksi proses produksi milik bagian teknik dan mutu kontraktor pelaksanaan PT. Tata Bumi Raya.

Berdasarkan hasil analisis variabilitas kuat tekan proses tergolong baik karena menghasilkan kekuatan beton yang relatif seragam. Berdasarkan evaluasi mutu beton sesuai SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk

Bangunan Gedung, bahwa mutu beton pada Proyek Apartment Biz Square di kota surabaya bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima sebagai beton  $f_c$  24.06 MPa atau setara K 300.

**Kata kunci: Kualitas, Beton, *Statistical Procces Contol* (SPC), Peta Kendali**



# **QUALITY CONTROL WITH SPC ( STATISTICAL PROCESS CONTROL) FOR CONCRATE QUALITY IN APARTMENT BIZ SQUARE PROJECT**

<b>Student Name</b>	<b>: Prasetya Pandu Hutomo</b>
<b>Student Id</b>	<b>: 3116105007</b>
<b>Department</b>	<b>: Teknik Sipil FTSLK - ITS</b>
<b>Advisor</b>	<b>: Supani, ST., MT.</b>

## **ABSTRACT**

The construction the volume of concrete used is not possible one casting. The process of casting done repeatedly, it is necessary to supervise and control the process to ensure the quality. The deviation of concrete quality in a construction project can increase the cost of non performance and time. This study analyzes how the variability and quality trend of concrete that occurred during the construction of the project.

This analysis is viewed from the object of development of Biz Square tower A apartment which has a height of 15 floors. In this study tools used are tools that exist in the method of Statistical proceses control (SPC). Applying SPC method on controlling the quality control of building production, especially the quality of concrete. The design of this research is descriptive qualitative, in which sample is taken from the data of inspection document of production process belonging to technical part and quality of contractor of PT. Tata Bumi Raya.

Based on the results of variability analysis of compressive strength of the process is quite good because it produces a relatively uniform strength of concrete. Based on concrete quality evaluation in accordance with SNI 03-2847-2002 on Procedure of Calculation of Concrete Structure for Building Building, that

concrete quality at Apartment Biz Square Project in surabaya city can be categorized as qualified or accepted as concrete  $f_c$  24.06 MPa or equivalent K 300.

**Key word : Quality, Concrate, Statistical Procces Control (SPC), Control Chart**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hidayahnya yang telah memberi petunjuk dan kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Penyusunan Tugas akhir ini diajukan oleh penulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademis pada mata kuliah Tugas Akhir tahun ajaran 2018/2019, Program Studi Lintas Jalur Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK) , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya .

Adapun topik dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah **“PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN SPC (STATISTICAL PROCESS CONTROL) UNTUK MUTU BETON PADA PROYEK APARTEMEN BIZ SQUARE”**

Tersusunnya laporan tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta , sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
2. Bapak Supani ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga Besar Lintas Jalur Angkatan 2016, kalian keluarga baru yang tidak akan pernah terlupa. Maaf kalau banyak salah, semoga suatu hari dapat bertemu dan berkumpul, see you on the top.

5. Manajemen PT. Tata Bumi Raya yang telah membantu dan kerjasama yang baik dalam proses penelitian. Untuk mengumpulkan data sebagai bahan penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir terapan ini masih belum sempurna dan untuk itu segala saran dan kritik maupun masukan yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Juli 2018

Prasetya    Pandu    Hutomo  
NRP. 3116105007

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar belakang .....	1
1.2    Perumusan masalah .....	3
1.3    Tujuan.....	3
1.4    Lingkup Bahasan/ Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mutu.....	5
2.2 Mutu Beton .....	6
2.2.1 Mutu Beton adalah entitas statistik yang bervariasi.....	8
2.2.2 Beton Konvensional (Non-Ready Mix) .....	11
2.2.3 Beton Siap Pakai (Ready Mix).....	15
2.2.4 Mutu beton segar (slump) .....	20
2.2.5 Evaluasi Pekerjaan Beton.....	25

2.3	Pengendalian Kualitas Statistik .....	27
2.3.1	Tujuan pengendalian kualitas statistik .....	29
2.4	Data Ukuran Kualitas yang Bersifat Variabel .....	30
2.5	Alat Bantu Pengendalian Kualitas Statistik.....	31
2.5.1.	Check sheet .....	31
2.5.2.	Scatter diagram.....	33
2.5.3.	Diagram sebab-akibat ( <i>cause and effect diagram</i> ).....	33
2.5.4.	Diagram Alir atau Diagram Proses ( <i>Process Flow Chart</i> ).....	35
2.5.5.	Histogram .....	36
2.5.6.	Peta Kendali .....	38
2.6	Analisis Kemampuan Proses .....	40
2.7	Penelitian terdahulu .....	43
BAB III METODOLOGI .....		45
3.1	Variabel Penelitian .....	45
3.2	Sampel Penelitian .....	45
3.3	Jumlah Sampel.....	46
3.4	Metode Penelitian .....	47
3.5	Tahapan Penelitian .....	50
3.6	Proses pengolahan data.....	51
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		53
4.1	Deskripsi Umum Proyek .....	53

4.1.1	Data Proyek .....	55
4.1.2	Pembagian Zona Pengecoran .....	55
4.2	Data Penelitian.....	56
4.2.1	Proses Pengumpulan Data Slump .....	57
4.2.2	Proses Pengumpulan Data Kuat Tekan .....	58
4.2.3	Keterangan Data Penelitian .....	59
4.3	Analisa Proses Pengecoran .....	60
4.4	Analisis Pengolahan Data .....	62
4.4.1.	Analisis Pengolahan Data Kuat Tekan Beton 62	
4.4.2.	Analisis Pengolahan Data Slump Beton.....	65
4.5	Analisis Variabilitas Kuat Tekan Beton .....	67
4.6	Analisis Variabilitas Slump Beton .....	75
4.7	Analisis Pengendalian Proses Statistik Kuat Tekan 79	
4.6.1	Batas kendali $\bar{x}$ .....	81
4.6.2	Batas kendali $R$ .....	83
4.6.3	Evaluasi Kuat Tekan Beton.....	86
4.8	Analisis Pengendalian Proses Statistik Untuk Hasil Uji Slump.....	89
4.7.1	Batas Kendali Individu ( I-control chart) ....	89
4.7.2	Batas Kendali Moving Range ( MR-control chart) 94	
BAB V Hasil Analisis .....		99

5.1	Critical to Quality pada Output Produk Beton ....	99
5.2	Hasil Analisa Variabilitas Kuat Tekan Beton....	100
5.3	Hasil Analisa Penyimpangan Proses Kuat Tekan 101	
5.4	Hasil Analisa Variabilitas Uji Slump .....	103
5.5	Analisa Penyimpangan Proses Uji Slump .....	104
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		106
6.1	Kesimpulan.....	106
6.2	Saran .....	106
LAMPIRAN .....		110



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rentang pengaruh variasi pada kuat tekan beton (Dewar and Anderson, 1992) .....	10
Gambar 2. 2 Sketsa sampling pada beton Ready Mix (Dewar and Anderson, 1992) .....	18
Gambar 2. 3 Tes slump.....	21
Gambar 2. 4 Kerucut abrams.....	22
Gambar 2. 5 Nilai slump .....	24
Gambar 2. 6 Check sheet.....	32
Gambar 2. 7 Scatter diagram .....	33
Gambar 2. 8 Diagram sebab akibat .....	34
Gambar 2. 9 Diagram alir ( proses).....	35
Gambar 2. 10 Histogram .....	37
Gambar 2. 11 Peta kendali .....	38
Gambar 2. 12 Bentuk penyimpangan .....	43
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	49
Gambar 4. 1 Peta lokasi proyek.....	53
Gambar 4. 2 Fasad Apartment Biz Square .....	54
Gambar 4. 3 Zona Pengecoran .....	56
Gambar 4. 4 Pengambilan data.....	57
Gambar 4. 5 Gambar rute perjalanan batching plant ke proyek..	58
Gambar 4. 6 Grafik uji kenormalan data kuat tekan .....	64
Gambar 4. 7 Uji Kenormalan Data Slump .....	67
Gambar 4. 8 Hasil Data Kuat Tekan beton.....	73
Gambar 4. 9 Grafik Data Slump terhadap Frekuensi dan Interval .....	79
Gambar 4. 10 Peta kendali X Untuk Hasil Uji Kuat Tekan .....	84
Gambar 4. 11 Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Kuat Tekan.....	85
Gambar 4. 12 Peta Kendali Evaluasi Kuat Tekan Beton.....	88
Gambar 4. 13 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 1-71) .....	91

Gambar 4. 14 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 71-139) .....	92
Gambar 4. 15 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184) .....	93
Gambar 4. 16 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 1-73).....	96
Gambar 4. 17 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 73-139).....	97
Gambar 4. 18 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184).....	98
Gambar 4. 19 Histogram Kuat Tekan beton.....	100
Gambar 4. 20 Histrogram data slump .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Pengendalian Mutu Beton berdasarkan peraturan Indonesia .....	11
Tabel 2. 2 Selang waktu pengambilan contoh.....	19
Tabel 2. 3 Peraturan slump.....	24
Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu.....	44
Tabel 4. 1 Keterangan mengenai data yang digunakan .....	59
Tabel 4. 2 Data Kuat Tekan Benda Uji .....	63
Tabel 4. 3 Data Uji Slump Beton .....	66
Tabel 4. 4 Frekuensi dan histogram .....	68
Tabel 4. 5 penyusunan tabel frekuensi .....	69
Tabel 4. 6 Ketentuan kelas Interval.....	70
Tabel 4. 7 Interval kelas .....	71
Tabel 4. 8 Rekapitulasi frekuensi Tiap Interval .....	71
Tabel 4. 9 Pengelompokan Data berdasarkan Nomor Kelas .....	72
Tabel 4. 10 Ketentuan kelas Interval.....	76
Tabel 4. 11 interval kelas data slump .....	77
Tabel 4. 12 Rekapitulasi frekuensi Tiap Interval .....	77
Tabel 4. 13 Data Kuat Tekan Untuk Peta kendali X dan R.....	80
Tabel 4. 14 Konstanta bagan kendali .....	82
Tabel 4. 15 hasil evaluasi kuat tekan beton.....	87



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Akhir- akhir ini pertumbuhan infrastruktur yang ada di indonesia berkembang sangat pesat. Banyak sekali diadakannya pembangunan yang akan menunjang pertumbuhan ekonomi yang ada di indonesia. Infrastruktur penunjang tersebut sangat erat kaitannya dengan bangunan gedung. Pembangunan gedung di indonesia di lihat dari tiga aspek, aspek tersebut ialah BMW (biaya mutu waktu).

Mutu sangat erat hubungannya dengan material yang digunakan, proses produksi, proses pelaksanaan, dan aspek-aspek lainnya yang dapat mempengaruhi mutu. Material yang digunakan pada pembangunan gedung umumnya di dominasi oleh material beton. Untuk itu secara tidak langsung mutu bangunan gedung yang di bangun di pengaruhi oleh mutu beton. Mutu beton yang digunakan harus sesuai dengan desain dan peraturan yang ada. Khususnya untuk gedung bertingkat tinggi ada banyak sekali volume beton yang digunakan dalam pembangunan proyek tersebut. Hal ini mendatangkan banyak sekali kemungkinan variabilitas yang terjadi pada mutu beton tersebut. Banyak penyebab ketidak tepatan mutu atau penyimpangan mutu yang terjadi. Diantaranya adalah banyaknya volume beton yang mengakibatkan harus dilakukannya pengecoran secara bertahap. Di karenakan pengecoran dilakukan secara bertahap banyak kemungkinan yang dapat terjadi pada saat proses pelakasnaan tersebut. Kemungkinan kemungkinan yang terjadi dapat memicu timbulnya variabilitas mutu yang ada pada proyek tersebut. Adapun kemungkinan yang dapat menyebabkan hal tersebut adalah adanya perbedaan batch, perbedaan supliyer beton, perbedaan pekerja, perbedaan letak batching plant yang mengakibatkan perbedaan waktu, penentuan setting time,

perbedaan kelompok pekerja, perbedaan cuaca saat pengecoran, dan ada banyak hal lainnya.

Penyebab penyebab terjadinya variasi tersebut akan memberikan dampak yaitu hasil mutu beton yang kemungkinan berbeda dari setiap batch nya. Yang mana setiap batch pengecoran yang terjadi akan diambil sampelnya berupa sampel slum sebagai pengukuran kekuatan beton segar dan uji kuat tekan yang dilakukan di laboratorium untuk menguji kekuatan beton yang sudah sesuai umur. Setia data tersebut dikumpulkan dan akan dianalisis mengenai variabilitas dan tren mutu beton dalam pengecoran yang dilakukan di proyek apartmen Biz square tersebut. Adapun komponen struktur yang di tinjau pada tugas ini adalah mengenai pelat, balok dan kolom. Semua komponen tersebut di analisis untuk membuat kontrol proses terhadap pekerjaan pengecoran.

Pada dasarnya variasi pasti terjadi dalam sebuah proses. Variasi yang terjadi dapat dikategorikan menjadi variasi normal dan variasi tidak normal. Tujuan manajemen kualiatys ini adalah untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus ( special -causes variation) dari variasi yang disebabkan oleh penyebab umum( common-causes variation). Manajemen harus mampu mengendalikan proses dengan cara menghilangkan variasi penyebab khusus dari proses itu, sehingga variasi yang melekat pada proses hanya disebabkanoleh variasi penyebab umum.

Oleh karena itu kita tidak cukup hanya melihat mutu sebagai hasil akhir dari suatu pembangunan tetapi juga kita harus mengontrol agar dapat mencegah terjadinya penyimpangan mutu ataupun hal yang tidak di inginkan lainnya. Kontrol tersebut perlu dilakukan agar dapat mereduksi biaya non performence dari suatu proyek yang mana biaya tersebut akan di keluarkan ketika terjadinya langkah perbaikan mutu. Tidak hanya biaya tetapi dapat pula mengakibatkan penambahan waktu yang di akibatkan oleh

adanya langkah langkah perbaikan yang diakibatkan oleh permasalahan mutu.

Kegiatan konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan di lapangan. Untuk mengukur apakah proses pelaksanaan di lapangan sudah sesuai dengan mutu yang ditetapkan, maka perlu dilakukan analisa proses kontrol. Analisa proses kontrol dilakukan seiring berjalannya proyek. Selama proses pengecoran di lapangan kita dapat mengukur apakah mutu pekerjaan beton yang dilaksanakan sudah sesuai dengan ketentuannya. Hal ini diperlukan sebagai analisa secara dini apakah mutu beton di lapangan sudah sesuai dengan ketentuannya. Jika terjadi penyimpangan mutu dapat diketahui lebih dini, dengan harapan dapat dilakukan corrective action (langkah koreksi).

Pada penelitian mengenai mutu beton ini penulis menganalisa berdasarkan studi kasus apartment yang mana merupakan gedung bertingkat. Gedung bertingkat ini memiliki permasalahan yang kompleks karena membutuhkan banyak sekali volume beton. Untuk itu proses pengecoran yang dilakukan pada proyek gedung ini harus di kontrol. Pengontrolan proses yang dilakukan penulis menggunakan metode statistical process control yang mana nantinya analisa variabilitas dan tren kualitas mutu beton akan di hitung dan di gambarkan dengan tools yang ada pada metode statistik proses kontrol tersebut.

## **1.2 Perumusan masalah**

1. Bagaimana Analisa variabilitas mutu beton pada pekerjaan di proyek Apartement Biz Square .
2. Bagaimana tren mutu beton yang terjadi selama proses pembangunan apartement Biz Square.

## **1.3 Tujuan**

1. Menganalisis dan menggambarkan bagaimana pengendalian proses mutu beton pada proyek apartment Biz Square.

2. Menganalisa tren mutu yang terjadi, dan menentukan rencana langkah koreksinya (*corrective action*).

#### **1.4 Lingkup Bahasan/ Batasan Masalah**

Agar penulisan tugas akhir ini tidak keluar dari pembahasan yang dimaksudkan, maka penulis dibatasi untuk:

1. Sampel yang di teliti adalah merupakan benda uji beton yang di uji di laboratorium Teknik Sipil ITS yang berasal dari proyek Apartement Biz Square.
2. Analisis variabilitas kekuatan beton menggunakan alat bantu atau metode peta kendali (*control chart*).
3. Untuk mengetahui apakah beton tersebut memenuhi syarat sesuai spesifikasi teknis, makadilakukan juga analisis evaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
4. Biaya pengendalian kualitas tidak akan dibahas lebih lanjut untuk menghindari perluasan masalah yang lebih jauh.
5. Penelitian tidak melakukan uji bahan terhadap bahan beton, standar penggunaan bahan diasumsikan normal.
6. Hasil tes beton hanya pada elemen struktur pelat, balok dan kolom.
7. Tidak menghitung *non performance cost* dan reduksinya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mutu**

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2007), mutu adalah kreasi dan inovasi berkelanjutan yang dilakukan untuk menyediakan produk atau jasa yang memenuhi atau melampaui harapan para pelanggan, dalam usaha untuk terus memuaskan kebutuhan dan keinginan mereka. Selanjutnya, Peppard dan Rowland dalam Hamingdan Nurnajamuddin (2007), menyatakan bahwa mutu memiliki 2 dimensi yang berbeda dan harus dibedakan, yaitu konsistensi dan kapabilitas.

Konsistensi berkaitan dengan derajat kesesuaian secara berkelanjutan dari produk atau jasa yang dihasilkan dengan spesifikasi yang diharapkan para pelanggan. Sedangkan kapabilitas produk berkaitan dengan derajat kemampuan suatu produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan para pelanggan.

Ishikawa dan David (1990), berpendapat jaminan mutu (*quality assurance*) adalah jaminan dari produsen bahwa produk yang dihasilkan atau disediakan memenuhi spesifikasi mutu yang diharapkan oleh konsumen. Untuk mewujudkan hal itu harus dipenuhi 3 hal, yaitu:

1. Perusahaan menjamin bahwa produk yang dibuat atau disediakan memenuhi persyaratan mutu yang diharapkan oleh konsumen;
2. Perusahaan menjamin bahwa produk yang dibuat untuk tujuan ekspor negara tertentu telah memenuhi spesifikasi mutu dari konsumen dari negara tujuan; dan
3. Eksekutif puncak perusahaan harus menyadari pentingnya penjaminan mutu. Melalui penjaminan mutu tersebut, para pengusaha memastikan bahwa perusahaan mereka secara keseluruhan telah berusaha sepenuhnya mewujudkan tujuan bersama.

Pengendalian mutu (*quality control*) adalah mengembangkan, mendesain, memproduksi dan memberikan layanan produk bermutu yang paling ekonomis, paling berguna dan selalu memuaskan para pelanggannya. Melaksanakan pengendalian mutu ini berarti:

1. Menggunakan pengawasan mutu sebagai landasan aktifitas produksi;
2. Melaksanakan pengendalian biaya, harga dan laba secara terintegrasi; dan
3. Pengendalian jumlah (jumlah produksi, penjualan dan persediaan) serta tanggal pengiriman, sehingga harus ada keselarasan antara mutu, biaya, harga dan harapan konsumen

## **2.2 Mutu Beton**

Menurut UU. No.18 Tahun 1999 Tentang Jasa Konstruksi di Indonesia, Pihak Penyedia Jasa Konstruksi terdiri dari 3 (tiga) yaitu (1) Perencana Konstruksi (Konsultan Perencana), (2) Pelaksana Konstruksi (Kontraktor) dan (3) Pengawas Konstruksi (Konsultan Pengawas). Lebih lanjut UU.No.18 Tahun 1999 tersebut pada Bab III pasal 11 tentang Tanggung Jawab Profesionalisme menyebutkan bahwa :

1. Badan usaha jasa konstruksi dan orang perseorangan yang bekerja di dalamnya harus bertanggung jawab terhadap hasil pekerjaannya;
2. Tanggung jawab tersebut dilandasi prinsip-prinsip keahlian sesuai kaidah keilmuan, kepatutan dan kejujuran intelektual dalam menjalankan profesinya dengan tetap mengutamakan kepentingan umum.

Oleh karena itu penyedia jasa konstruksi dalam bekerja diminta harus mengikuti 2 (dua) hal utama yaitu : (1) menjalankan profesionalisme-nya dan (2) mengutamakan kepentingan umum.

Namun begitu, untuk mewujudkan profesionalisme khususnya pada pekerjaan beton, pihak penyedia jasa konstruksi

masih mengalami banyak tantangan dan hambatan. Tantangan dan hambatan yang terutama adalah memahami/menguasai teknologi material beton itu sendiri. Pada pihak Konsultan Perencana, teknologi material beton ini dibutuhkan untuk menetapkan/membuat Dokumen Spesifikasi Material dan produk perencanaan yang dibuatnya yang menyatu dengan Dokumen Kontrak. Sedangkan pada pihak Kontraktor, teknologi material beton dibutuhkan untuk menjamin Kontraktor mampu membuat/menghasilkan/mengontrol produk material beton dan/atau elemen/struktur beton yang sesuai dokumen kontrak dan spesifikasi yang diminta. Pihak konsultan pengawas membutuhkan teknologi material beton untuk mampu memberikan kontrol/pengawasan/petunjuk lapangan kepada Kontraktor untuk membuat material beton dan elemen/struktur beton yang sesuai spesifikasi teknis yang diminta dalam kontrak.

Salah satu bagian dari teknologi material beton yang perlu diketahui ketiga pihak jasa konstruksi tersebut adalah petunjuk penerimaan beton di lapangan. Penerimaan beton di lapangan dapat dilakukan dengan melihat mutu beton segar (*fresh concrete*) dan mutu beton keras (*hardened concrete*). Sebenarnya mutu beton baik itu mutu beton segar maupun mutu beton keras bervariasi ditentukan oleh banyak faktor. Faktor utama adalah faktor material dasar pembentuk beton, karena beton merupakan material komposit yang terdiri dari beberapa material dasar : Semen Portland, pasir (agregat halus), kerikil/batu pecah (agregat kasar), air dan material tambahan lainnya. Oleh karena itu, kualitas dan performansi material beton ditentukan oleh kualitas dan performansi material dasar tersebut. Selain itu, kualitas dan performansi beton juga ditentukan oleh proses pengadaan, proses pembuatan, proses perawatan dan bahkan pengujian kualitas itu sendiri. Selain itu, beton di lapangan (in-situ) sekarang inipun dapat dibuat dengan 2 macam cara berdasarkan pembuatan campuran beton yaitu : (1) beton konvensional (non-ready mix) dan (2) beton siap pakai (ready mix).

Kompleksitas beton tersebut tentunya sangat mempengaruhi penerimaan beton di lapangan. Di satu sisi, pihak-pihak yang terkait dalam proyek konstruksi beton kadangkala (bahkan sering kali) mengalami perselisihan dan perdebatan terhadap mutu beton dan harus memutuskan suatu keputusan/tindakan terhadap penerimaan/penolakan beton di lapangan. Biasanya penerimaan/penolakan beton di lapangan dapat dilakukan melalui pengujian pada 2 fasa beton; fasa beton segar dan fasa beton keras. Namun harusnya penerimaan/penolakan beton di lapangan mengacu ketentuan dan standar yang berlaku di Indonesia.

Peraturan dan standar beton yang berlaku di Indonesia cukup beragam dan mengalami beberapa kali perubahan. Misalkan saja, kriteria penerimaan mutu beton menurut peraturan Gedung berbeda dengan kriteria penerimaan mutu beton menurut peraturan jembatan (Imran, 2004). Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) mengalami setidaknya 4 (empat) kali perubahan; PBBI 1955, PBBI 1971, PBBI 1991 dan SNI 03-2847-2002. Peraturan Beton Indonesia (SNI) sekarang ini lebih banyak mengacu kepada peraturan Beton Amerika (ACI) misalkan: yang mengatur Tentang kualitas beton pada struktur beton untuk bangunan (SNI 03-2847-2002 mengadopsi ACI 318M95), mengatur Tentang Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton (SNI 03-6815-2002 mengadopsi ACI-214 1997 reapproved 1989) dan Spesifikasi Beton siap pakai (SNI 03-4433-1997 lebih mengadopsi ACI 311.5R-02). Namun, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal yang masih berlaku hingga sekarang (SNI 032834-1993) lebih mengadopsi British Standard dan DOE/Development of The Environment 1975.

### **2.2.1 Mutu Beton adalah entitas statistik yang bervariasi**

Kuat tekan beton rata-rata yang diperlukan/ditargetkan seharusnya memiliki kuat tekan yang dinyatakan sebagai:

$$f_{cr} = f_{c'} + MS = f_{c'} + AV \quad (1)$$

dimana:

$f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata yang diperlukan/ditargetkan

$f_{c'}$  = kuat tekan yang ditentukan

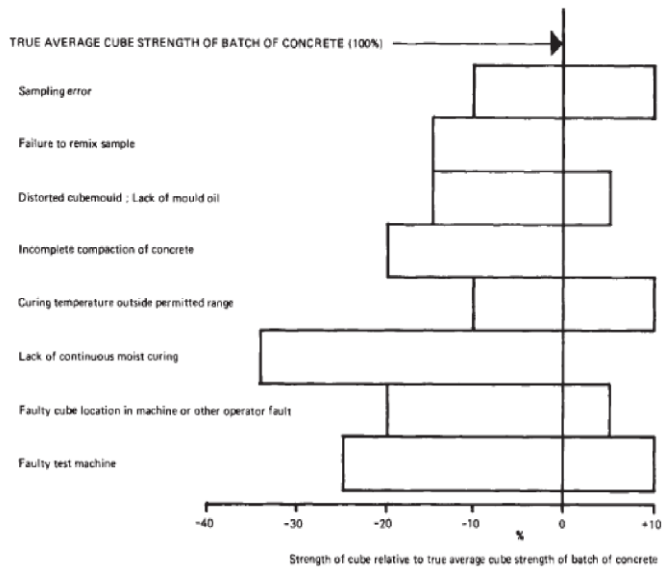
MS = Margin of Safety (margin keamanan)

AV = Allowance for variance (variasi yang diijinkan)

Margin keamanan yang diterapkan harus dapat mengakomodasi semua kemungkinan adanya variasi yang diijinkan tersebut.

Mutu beton, baik itu mutu beton fasa segar (misal: nilai slump) maupun mutu beton keras (misal: nilai kuat tekan) akan menghasilkan nilai yang bervariasi. Variasi yang diijinkan terjadi dalam pembuatan beton adalah (lihat juga Gambar 1) :

1. Variasi Material
2. Variasi Metode Pencampuran
3. Variasi Transportasi
4. Variasi pengecoran
5. Variasi Perawatan
6. Variasi Pengujian Kekuatan Sampel



Gambar 2. 1 Rentang pengaruh variasi pada kuat tekan beton (Dewar and Anderson, 1992)

Secara umum, kriteria penerimaan kuat tekan beton seharusnya dikaitkan dengan kriteria perancangannya. Namun, peraturan Indonesia yang berlaku mengeyampingkan hal ini.

Berdasarkan kriteria perancangan beton ditetapkan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (SNI 03-2834-1993) :

$$f_{cr} = f_{c'} + 1.64 \times S \quad (2)$$

Sementara berdasarkan kriteria penerimaan kuat tekan beton di lapangan, kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (SNI 03-2847-2002) :

$$f_{cr} = f_{c'} + 1.34 \times S \quad (3)$$

$$\text{dan, } f_{cr} = f_{c'} + 2.33 \times S - 3.5 \quad (4)$$

dimana :  $S$ =Standar Deviasi;  $f_c'$ =kuat tekan yang direncanakan, dan  $f_{cr}$ =kuat tekan rata-rata perlu/ditargetkan.

Mengapa terjadi seperti diatas. Hal ini dikarenakan, mutu beton adalah entitas statistik/probabilistik yang bervariasi. Oleh karena itu dapat saja digunakan faktor probabilistik yang berbeda. Persamaan (2) menyatakan bahwa ada kemungkinan (probabilitas) 1 dari 20 kuat tekan individu akan jatuh dibawah nilai kuat tekan minimum (dalam hal ini  $f_c'$ ). Sedangkan Persamaan (3) menyatakan bahwa ada kemungkinan (probabilitas) 9 dari 100 kuat tekan individu akan jatuh dibawah nilai kuat tekan minimum (dalam hal ini  $f_c'$ ). Dan Persamaan (4) menyatakan bahwa ada kemungkinan (probabilitas) 1 dari 100 kuat tekan individu akan jatuh dibawah nilai kuat tekan ekstrim minimum (dalam hal ini  $\{f_c'-3.5 \text{ Mpa}\}$ ).

### 2.2.2 Beton Konvensional (Non-Ready Mix)

Indonesia setidaknya telah mengalami 4 kali perubahan cara menentukan mutu (kuat tekan) beton yaitu : (1) PBBI 1955, (2) PBBI 1971, (3) PBBI 1991 dan (4) SNI 03-2847-2002. Tabel 1 berikut adalah ringkasannya.

Tabel 2. 1 Ringkasan Pengendalian Mutu Beton berdasarkan peraturan Indonesia

No.	ITEM	PBBI 1955	PBBI 1971	PBBI 1991	SNI 2002
1	Benda uji yang digunakan	Kubus sisi 20 cm	Kubus sisi 15 cm	Silinder, H=30 cm, D=15 cm	Silinder, H=30 cm, D=15 cm
2	Jumlah dan interval uji	Pada tiap 100 m <sup>3</sup> , 3-12 sampel	$(60/3)+\{( \text{volume beton dalam m}^3 - 60/5)\}$	> 30 sampel selama produksi minimal 45 hari. < 30	Tiap hari 1 contoh uji, 1 contoh uji tiap 120 m <sup>3</sup> beton,

				sampel ada faktor pengali.	1 contoh uji tiap 500 m <sup>2</sup> luas lantai/dinding
3	Kuat tekan rata-rata	$\sigma'_m = \sigma'_{bk}$	$\sigma'_m = \sigma'_{bk} + 1.64 * s$	$f_{cr}' = f_{c'}' + 1.64 * s$	$f_{cr}' = f_{c'}' + 1.34 * s$ atau $f_{cr}' = f_{c'}' + 2,33 * s - 3,5$

Ringkasan penerimaan dan penentuan mutu beton berdasarkan PBBI 1955, PBBI 1971 dan PBBI 1991 telah diberikan dengan baik oleh Subekti (1994), Munaf (2002) dan Imran (2004). Namun pada paper ini difokuskan pada SNI 03-2847-2002 mengingat standar ini adalah yang terbaru dan dinyatakan bahwa standar baru meniadakan standar yang lama sehingga menjadi pegangan bersama berikutnya yang berkekuatan hukum.

#### *SNI 03-2847-2002*

Suatu uji kuat tekan harus merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari 2 (dua) sampel uji silinder yang berasal dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau pada umur uji lainnya yang ditetapkan untuk penentuan  $f_{c'}'$ .

Contoh uji untuk uji kuat harus diambil dengan dasar acak yang ketat jika contoh uji tersebut digunakan sebagai ukuran penerimaan beton yang baik. Agar representatif, pemilihan waktu pengambilan contoh uji, atau adukan (batches) beton untuk diambil contoh ujinya, dibuat dengan dasar peluang saja, selama waktu pengecoran. Adukan seharusnya tidak diambil contoh ujinya dengan dasar penampilan, kenyamanan, atau kriteria lainnya yang



mungkin bias, karena analisis statistik kehilangan validitasnya. Tidak boleh lebih dari satu contoh uji (rata-rata dua silinder yang dibuat dari satu contoh uji) diambil dari satu adukan tunggal, dan air tidak boleh ditambahkan pada beton setelah contoh uji tersebut diambil. (*Evaluasi dan Penerimaan Beton berdasarkan SNI 03-2847-2002* )

#### *Fasa Beton Segar*

Pada penjelasan pasal 7.3.3 (Purwono dkk, 2009), peraturan ini menyatakan bahwa toleransi slump dan kadar udara hanya berlaku pada campuran percobaan dan tidak pada catatan uji lapangan ataupun pada produksi beton di lapangan. Hal ini berbeda dengan penerimaan fasa beton segar pada beton siap pakai/ready mix (yang dibicarakan di depan).

#### *Fasa Beton Keras*

Tiga kriteria frekwensi minimum pengambilan contoh uji yang disyaratkan untuk setiap mutu beton diatur sebagai berikut :

- 1) Sekali setiap hari untuk setiap mutu beton yang dicor, atau tidak kurang dari,
- 2) Sekali untuk setiap 120 m<sup>3</sup> dari setiap mutu beton yang dicor, atau tidak kurang dari,
- 3) Sekali untuk setiap 500 m<sup>2</sup> dari luasan permukaan lantai atau dinding yang dicor setiap hari. Kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika 2 (dua) hal berikut dipenuhi :
  - 1) Setiap nilai rata-rata dari 3 (tiga) uji kuat tekan yang berurutan memiliki nilai  $\geq f_c'$  (lihat Persamaan 3), 2) Tidak ada nilai uji kuat tekan (yang dihitung berdasarkan rata-rata dua buah uji silinder) memiliki nilai  $< (f_c' - 3,5 \text{ Mpa})$  (lihat Persamaan 4).

Sebagai pembanding, kriteria di atas (yang berlaku untuk Bangunan Gedung) berbeda dengan kriteria jembatan yang

mengatur kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika 2 (dua) hal berikut dipenuhi (Imran, 2004) :

1. Rata-rata dari semua nilai hasil uji kuat tekan (satu nilai hasil uji=rata-rata dari nilai uji tekan sepasang benda uji silinder yang diambil dari adukan yang sama), yang sekurang-kurangnya terdiri dari empat nilai (dari empat pasang) hasil uji kuat tekan yang berturut-turut, harus memiliki nilai  $> (f_c' + s)$ . Dimana  $s$  adalah standar deviasi dari hasil uji tekan.
2. Tidak ada satupun nilai hasil uji tekan (1 hasil uji tekan=rata-rata dari hasil uji dua silinder yang diambil pada waktu bersamaan)  $< 0.85 \times f_c'$ .

Evaluasi dan penerimaan beton dapat ditetapkan segera setelah hasil uji saat pelaksanaan diterima. Uji kuat yang gagal memenuhi kriteria ini akan terjadi sesekali (mungkin 1 kali dalam 100 uji) walaupun kuat beton dan keseragamannya memuaskan. Dalam hal probabilitas kegagalan, kriteria hasil kuat individu minimum sebesar 3,5 Mpa yang kurang dari  $f_c'$  dengan mudah menyesuaikan diri ke jumlah uji yang kecil. Sebagai contoh, jika hanya 5 (lima) uji kuat dilakukan pada pekerjaan yang kecil, jika sembarang hasil uji kuat (rata-rata 2 silinder) lebih besar dari 3,5 Mpa dibawah  $f_c'$ , maka kriteria kuat tidak dipenuhi.

*Bagaimana/apa tindakan yang diambil jika hasil uji contoh menunjukkan mutu beton tidak memenuhi syarat ?*

Menurut SNI 03-2847-2002, jika salah satu dari 2 (dua) persyaratan di atas tidak dipenuhi maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan kuat tekan rata-rata pada pengecoran berikutnya. Jika syarat point (2) di atas tidak dipenuhi maka harus dilakukan penyelidikan kuat tekan beton yang rendah tersebut. Hal yang pertama dilakukan adalah Core Test sebanyak 3 sampel. Adapun kriteria penerimaan hasil Core Test adalah :

1. Jika rata-rata ketiga sampel core tersebut memiliki kuat tekan  $> 85\% \times f_c'$ , 2) Jika tidak ada satupun sampel yang memiliki kuat tekan  $< 75\% \times f_c'$ .

Uji NDT (Non Destructive Test) yang lain (misalkan Hammer Test) tidak dapat menggantikan Core Test, namun lebih bersifat *cross check* hasil Core Test (Kosmatka et al 2003). Jika hasil Core Test menunjukkan hasil kuat tekan yang masih di bawah yang disyaratkan dan kekuatan secara struktural meragukan, maka selanjutnya dapat dilakukan Uji Beban (Load Test). Selanjutnya, penggunaan metode perkuatan untuk menjamin terpenuhinya kekuatan struktural perlu diberikan, jika dianggap perlu.

### 2.2.3 Beton Siap Pakai (Ready Mix)

Spesifikasi Beton siap pakai (Ready Mix) Indonesia diatur pada SNI 03-4433-1997.

#### *Fasa Beton Segar*

Kelecekan beton harus dalam batas toleransi sebagai berikut :

1. Bila Slump Nominal ditentukan :
  - $\leq 50$  mm : toleransi  $\pm 15$  mm.
  - 50 – 100 mm : toleransi  $\pm 20$  mm.
  - $> 100$  mm : toleransi  $\pm 40$  mm.
2. Bila Slump Maksimum ditentukan :
  - $> 75$  mm : toleransi  $+0$  mm s/d  $-65$  mm.
  - $\leq 75$  mm : toleransi  $+0$  mm s/d  $-40$  mm

Pemeriksaan slump beton harus sesering mungkin dilakukan dengan tujuan mengontrol jumlah air dalam campuran. Pengambilan sampel beton segar dilakukan saat truk berisi 15% - 85% beton segar di dalam agitator-nya. Jumlah beton segar yang diambil  $\pm 20$  kg menggunakan ember atau alat tampung yang tidak menyerap air. Beton segar yang diambil dari truck ready mix tidak langsung diuji slump, namun diaduk dulu secara merata di atas alas pelat baja yang datar.

Pemenuhan mutu terhadap penetapan FAS (Faktor Air Semen atau w/c) maksimum boleh dinilai dari melalui hasilhasil pengujian kelecakan (nilai slump), asalkan tersedia data yang cukup meyakinkan mengenai hubungan FAS vs Nilai Slump beton yang memakai bahan-bahan yang sama. Sangatlah penting bahwa jenis bahan-bahan yang dipakai dan perbandingan susunan campuran untuk selalu dipertahankan sama. Bila penilaian dilakukan dengan cara ini, maka FAS aktual  $< 105\%$  FAS yang ditetapkan.

Jika suhu diperhitungkan, maka suhu beton segar pada waktu diserahkan kepada pembeli harus tidak boleh  $>$  suhu maksimum yang ditetapkan  $+ 2^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, berat isi (berat/ $\text{m}^3$  beton) yang dipadatkan tidak boleh  $< 95\%$  nilai maksimum atau juga tidak boleh  $> 105\%$  nilai maksimum yang ditetapkan.

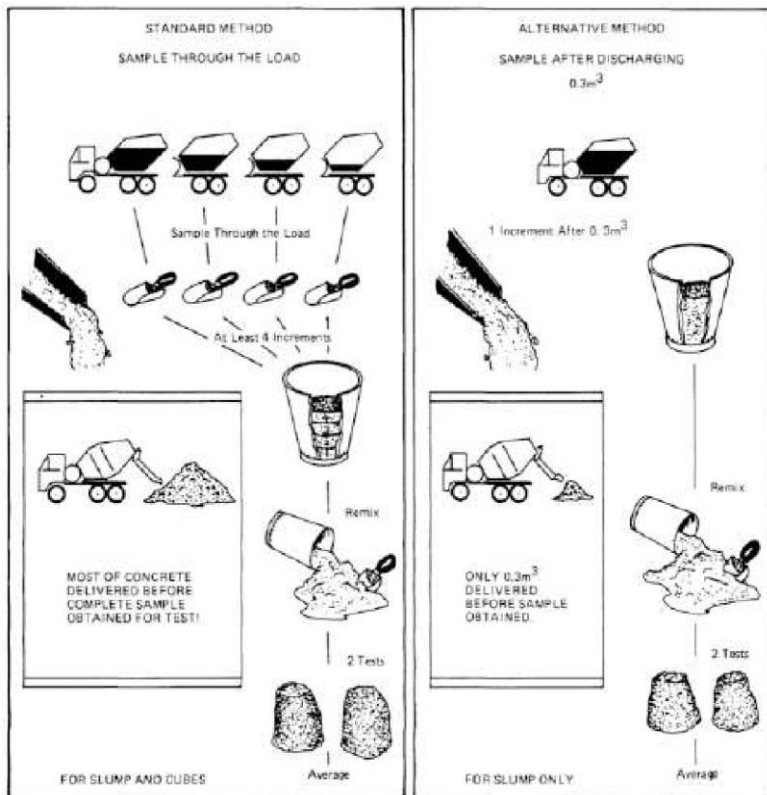
#### *Fasa Beton Keras*

Sampel uji tekan yang dibuat adalah silinder berukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pada setiap pengambilan contoh dari suatu adukan yang dipilih (secara random), diambil adukan beton sebanyak  $\pm 30$  kg yang dilakukan dengan ember atau alat tampung yang tidak menyerap air. Pengambilan sampel beton segar dilakukan saat truk berisi 15% - 85% beton segar di dalam agitator-nya. Beton segar yang diambil dari truck ready mix tidak langsung dimasukkan pada cetakan silinder sampel, namun diaduk dulu secara merata di atas alas pelat baja yang datar, kemudian dibagi 2 (dua) dulu untuk masing-masing pembagian dimasukkan pada cetakan silinder sampel. Benda uji tersebut dirawat selama 28 hari untuk kemudian diuji kuat tekannya. Nilai rata-rata hasil uji dari 2 (dua) silinder merupakan nilai kekuatan beton dari batch aduk tersebut dengan catatan 2 nilai kuat tekan tersebut tidak boleh menyimpang  $> 20\%$  dari nilai tertinggi. Benda uji dapat juga dilakukan pengujian umur 7 hari, dimana nantinya dikonversikan ke nilai kuat tekan umur 28 hari.

Dewar and Anderson (1992) memberikan sketsa pengambilan sampel untuk pengujian slump dan pembuatan silinder uji seperti terlihat pada Gambar 2 berikut.

Sementara, pemenuhan mutu beton ready mix bilamana disyaratkan kuat tekan ( $f_c'$ ), maka harus memenuhi kriteria sebagai berikut (hal ini tentunya sama seperti untuk beton konvensional/non-ready mix) :

- 1) Untuk pemeriksaan kuat tekan beton berlaku ketentuan bahwa nilai suatu hasil pemeriksaan kuat tekan adalah rata-rata dari nilai kuat tekan 2 (dua) buah silinder uji,
- 2) Kekuatan rata-rata dari 3 (tiga) hasil pemeriksaan harus  $\geq f_c'$  (lihat Persamaan 3),
- 3) Tidak ada hasil pemeriksaan kekuatan yang nilainya  $< (f_c' - 3,4 \text{ Mpa})$  (lihat Persamaan 4).



Gambar 2. 2 Sketsa sampling pada beton Ready Mix (Dewar and Anderson, 1992)

Kuantitas beton yang diwakili oleh hasil uji kekuatan tekan adalah kuantitas beton yang diwakili oleh suatu kelompok yang terdiri atas 3 (tiga) buah hasil pemeriksaan berturut-turut dari sejumlah batch-aduk (bisa juga dikatakan dari sejumlah truk ready mix) yang diproduksi sejak contoh pertama diambil hingga diambilnya contoh ketiga. Interval pengambilan contoh uji pada ready mix diberikan pada Tabel 2 berikut. Jika tidak dapat ditunjukkan

interval pengambilan contoh, maka kuantitas maksimum beton yang diwakili oleh tiga nilai hasil pemeriksaan uji tersebut adalah harus dibatasi sampai 60 m<sup>3</sup>.

Tabel 2. 2 Selang waktu pengambilan contoh

Jumlah Rit Angkut	Jumlah Contoh
1 truk pengangkut	1 x 4 contoh
2-5 truk pengangkut	2 x 3 contoh
6-10 truk pengangkut	3 x 3 contoh
Setiap penambahan 10 truk	Ditambah 1 x 3 contoh

Menurut SNI 03-4433-1997, pembeli menentukan tindakan yang akan diambil apabila hasil uji contoh yang mewakili sejumlah beton tidak memenuhi persyaratan standar ini. Tindakan ini dapat berkisar antara pelulusan mutu bagi bagian yang tidak/kurang gawat sampai penolakan atau pembongkaran terhadap beton bagian yang gawat. Di dalam menentukan tindakan yang akan diambil, pembeli atau pemesan hendaknya memperhitungkan konsekuensi teknis dari jenis dan tingkat ketidak-terpenuhinya mutu dan konsekuensi ekonomis bila dilakukan atau penggantian, yaitu apakah mengganti beton yang tidak memenuhi syarat atau membiarkan keutuhan bagian pekerjaan yang betonnya telah dicor untuk tidak dibongkar.

Dalam menafsirkan mutu beton yang tidak memenuhi standar menentukan tindakan yang akan diambil, bilamana mungkin pembeli atau pemesan menetapkan hal-hal berikut :

- Sah-nya hasil-hasil uji yang dapat diyakinkan melalui pemeriksaan apakah pengambilan contoh dan pengujiannya telah dilakukan sesuai dengan standar yang ditentukan,
- Susunan campuran beton yang dipakai dalam pembuatan beton berada dalam penyelidikan. Ini dapat berpengaruh terhadap keawetan beton,
- Bagian dari pekerjaan yang diwakili oleh hasil uji,

- d) Kemungkinan pengaruh yang timbul akibat berkurangnya mutu beton terhadap kekuatan dan keawetan bagian dari pekerjaan bangunan yang bersangkutan.

Pembeli atau pemesan dapat melakukan pengujian terhadap beton yang telah mengeras meliputi cara uji tidak merusak dengan pengambilan beton inti-pemboran (SNI 03-2492-1991 tentang metode pengambilan benda uji beton inti dan SNI 03-3403-1994 tentang pengujian kuat tekan beton inti-pemboran). Hasil uji tersebut tidak boleh membatalkan ketidak-terpenuhinya mutu yang telah ditetapkan terhadap persyaratan mutu, asalkan pengujian terdahulu itu berdasarkan hasil uji yang sah.

#### 2.2.4 Mutu beton segar (slump)

slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Workability beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

- Homogenitas atau **kerataan campuran** adukan beton segar (*homogeneity*)
- **Kelekatan** adukan pasta semen (*cohesiveness*)
- **Kemampuan alir** beton segar (*flowability*)
- Kemampuan beton segar **mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut** (*mobility*)
- Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi **plastis** (*plasticity*)

Namun selain besaran nilai slump, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjaan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian slump dilakukan. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah



beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam 2 peraturan standar:

- PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia)
- SNI 1972-2008 (Cara Uji Slump Beton)

Terdapat sedikit perbedaan pada dua peraturan tersebut, sehingga pengukuran slump harus dilakukan sesuai peraturan atau standar yang ditetapkan dalam RKS (Spesifikasi Teknis) atau yang disetujui oleh Pengawas Proyek.



Gambar 2. 3 Tes slump

Langkah pengujian slump berdasarkan SNI 1972-2008

Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

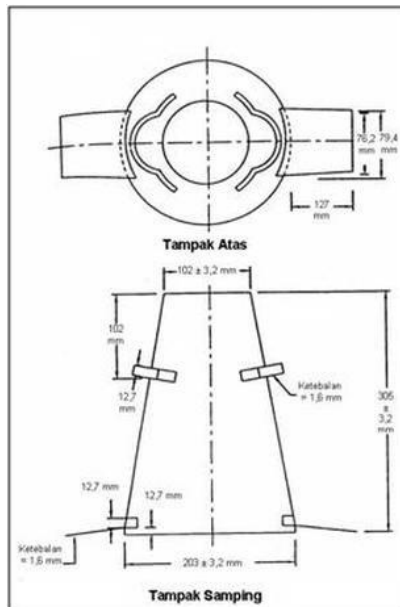
a. Kerucut Abrams :

- Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
- Diameter atas 102 mm
- Diameter bawah 203 mm
- Tinggi 305 mm
- Tebal plat min 1,5 mm

b. Batang besi penusuk :

- Diameter 16 mm
- Panjang 60 cm
- memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm

c. Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku



Gambar 2. 4 Kerucut abrams

Langkah – langkah pengujian :

- Kerucut Abrams (cetakan) dibasahi, ditempatkan di atas permukaan yang datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku.
- Pengisian cetakan dibagi 3 kali, masing-masing sekitar **1/3 volume** cetakan – **tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali**

**tusukan** secara merata dan menembus ke lapis sebelumnya/di bawahnya – namun tidak boleh menyentuh dasar cetakan.

- Lapis terakhir dilebihkan pengisiannya – setelah dipadatkan lalu diratakan dengan mengelindingkan batang penusuk di atasnya.
- **Segera** setelah permukaan atas beton diratakan, cetakan diangkat dengan kecepatan 3-7 detik, diangkat lurus vertikal . Tidak *boleh diputar atau digeser ke samping selama mengangkat kerucut*.
- Seluruh proses dari awal sampai selesainya pengangkatan cetakan tidak boleh lebih lama dari 2,5 menit
- Letakkan cetakan di samping beton yang diuji slump-nya (boleh diletakkan dibalik posisinya) dan ukur nilai slump : penurunan permukaan atas beton pada posisi titik tengah permukaan atasnya
- Jika terjadi *kegagalan slump* (tidak memenuhi kisaran slump yang disyaratkan, keruntuhan benda uji termasuk keruntuhan geser), maka **pengujian diulang- maksimal 3kali, jika masih gagal maka beton dinyatakan tidak memenuhi syarat dan ditolak**.
- Syarat variasi pengukuran yang memenuhi syarat dari 3 pengukuran : minimum 2 memenuhi syarat dengan selisih pengukuran tidak lebih dari 21 mm.

Sedangkan untuk acuan nilai slump didasarkan pada PBI 1971 N.I.-2.

Penyimpangan nilai slump dari nilai yang direkomendasikan, diijinkan apabila terbukti dan dipenuhi :

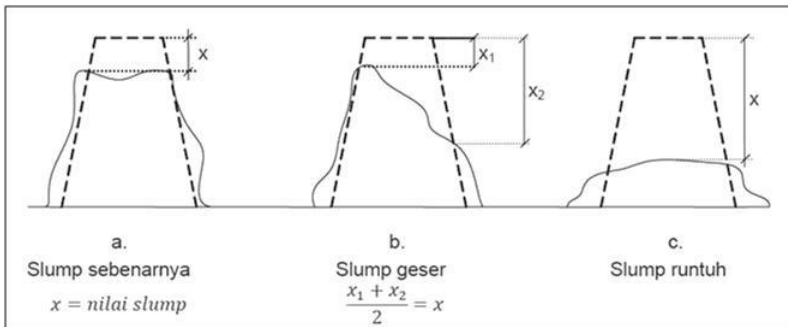
- a. Beton tetap dapat dikerjakan dengan baik.
  - b. Tidak terjadi pemisahan dalam adukan beton segar.
  - c. Mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.
- Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur untuk mendapatkan workability yang diperlukan :

Tabel 2. 3 Peraturan slump

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat [lantai], balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Referensi : Tabel 4.4.1 (PBI 1971 N.I.-2)

Adapun perbedaan tanggapan mengenai keruntuhan slump antara PBI N.I.-2 dan SNI 1972:2008 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Nilai slump

- PBI 1971 N.I.-2 mengizinkan slump geser dan diukur rata-rata seperti gambar b di atas
- SNI 1972:2008 menggolongkan slump geser sebagai keruntuhan yang tidak diijinkan

(karena mengindikasikan kurangnya plastisitas beton atau kurangnya kohesi adukan pasta semen/mortar untuk mengikat beton)

pada penelitian ini digunakan acuan pengujian slump berdasarkan SNI 1972 :2008. Kecuali untuk nilai slump digunakan acuan sesuai tabel PBI N.I.-2.

### 2.2.5 Evaluasi Pekerjaan Beton

Evaluasi pekerjaan beton atau pemeriksaan mutu beton dan mutu pelaksanaan dilakukan untuk menjamin terjaganya komposisi dari campuran, tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dan kekuatan betonnya (Mulyono, 2004).

Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah kekuatannya sesuai dengan yang direncanakan atau memenuhi kuat tekan karakteristik yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis, dan untuk menentukan langkahlangkah preventif dengan tidak mengesampingkan nilai-nilai ekonomis. Pada tahap awal evaluasi pekerjaan beton dilakukan dengan pengujian terhadap benda uji (*specimen*) berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm apabila evaluasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, atau kubus berukuran 150x150x150 mm apabila evaluasi berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2).

Selama masa pelaksanaan, mutu beton dan mutu pelaksanaan harus diperiksa secara kontinyu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2) jumlah benda uji minimum 20 buah untuk pekerjaan beton lebih besar 60 m<sup>3</sup> (setiap 1 mutu) dengan interval pengambilan setiap 5 m<sup>3</sup> pengadukan beton dengan minimum 1 benda uji setiap hari. Dengan alasan-alasan tertentu misal pekerjaannya kurang dari 60 m<sup>3</sup> sehingga dianggap tidak prkatis atau tidak dapat dilakukan, maka jumlah benda uji yang dibuat boleh kurang dari 20 buah asal pembuatannya dilakukan dengan interval jumlah pengecoran kira-kira sama.

Sementara dalam SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, tidak menyebutkan secara eksplisit jumlah benda uji yang harus dibuat untuk pekerjaan evaluasi. Tiga kriteria berikut merupakan

frekuensi minimum pengambilan contoh uji yang disyaratkan untuk setiap mutu beton :

1. Sekali setiap hari untuk setiap mutu beton yang dicor, atau tidak kurang dari
2. Sekali untuk setiap 120 m<sup>3</sup> dari setiap mutu beton yang dicor setiap hari, atau tidak kurang dari
3. Sekali untuk setiap 500 m<sup>2</sup> dari luasan permukaan lantai atau dinding yang dicor setiap hari.

Satu hasil uji kuat tekan harus merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari dua contoh uji silinder yang berasal dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan nilai kuat tekan. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (NI – 2) Pasal 4.7 apabila  $f'_{bk}$  adalah kuat tekan beton karakteristik yang disyaratkan dan  $S_r$  adalah deviasi standar yang rencana, maka mutu beton dan mutu pelaksanaan dianggap memenuhi syarat apabila dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak boleh lebih dari 1 nilai diantara 20 nilai hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari  $f'_{bk}$
2. Tidak boleh satu pun nilai rata-rata dari 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari ( $f'_{bk} + 0,82 S_r$ )
3. Selisih antara nilai tertinggi dan nilai terendah di antara 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut tidak boleh lebih besar dari 4,3  $S_r$ .
4. Dalam segala hal, hasil pemeriksaan 20 benda uji berturut-turut harus memenuhi  $f'_{bk} = f'_{bm} - 1,64S_r$ , di mana  $S_r$  dan  $f'_{bm}$  adalah deviasi standar dan kuat tekan beton rata-rata menurut Pasal 4.5. ayat (1) Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

Apabila benda uji kurang dari 20, maka mutu beton tersebut dianggap memenuhi syarat apabila nilai rata-rata dari setiap 4 hasil

pemeriksaan benda uji berturut-turut adalah lebih besar dari ( $f'_{bk} + 0,82 \text{ Sr}$ ).

Sementara berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, pada butir 7.6.3.3 disebutkan bahwa apabila  $f'c$  adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, maka kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika kedua persyaratan berikut terpenuhi :

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan beton yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari  $f'c$ .
2. Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah  $f'c$  melebihi dari 3,5 MPa.

Jika salah satu dari kedua syarat tersebut tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan hasil uji kuat tekan rata-rata pada pengecoran beton berikutnya. Sedangkan jika ketentuan nomor 2 tidak terpenuhi maka harus dilakukan analisis untuk menjamin bahwa tahanan struktur dalam memikul beban masih dalam batas yang aman. Dan jika kepastian nilai kuat tekan beton yang rendah telah diketahui dan hasil perhitungan menunjukkan bahwa tahanan struktur dalam memikul beban berkurang secara signifikan, maka harus dilakukan uji contoh beton yang diambil dari daerah yang dipermasalahkan dengan cara beton inti (*core drill*).

### 2.3 Pengendalian Kualitas Statistik

SPC dicetuskan pertama kali oleh Walter Andrew Shewhart ketika bekerja di Bell Telephone Laboratories, Inc. (divisi R&D untuk perusahaan AT&T dan Western Electric) pada tahun 1920-an. Dalam dokumen sejarah Western Electric diceritakan pada tahun 1918, tahun di mana Shewhart bergabung di Departemen Inspection Engineering, Western Electric di Hawthorne, manajemen kualitas industri masih terbatas pada kegiatan inspeksi produk jadi dan memperbaiki atau membuang barang-barang cacat.

Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control*) memiliki pengertian sama dengan Pengendalian Proses Statistik (*Statistical Process Control*). Pengendalian proses statistik adalah suatu terminologi yang digunakan untuk menjabarkan penggunaan teknik-teknik dalam memantau dan meningkatkan performansi untuk menghasilkan produk yang berkualitas.

Pengendalian kualitas statistik adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk menjaga standar yang *uniform* dari kualitas hasil produksi, pada tingkat biaya yang minimum dan merupakan bantuan untuk mencapai efisiensi perusahaan pabrik. Pada dasarnya pengendalian kualitas statistik merupakan penggunaan metode statistik untuk mengumpulkan dan menganalisa data dalam menentukan dan mengawasi kualitas hasil produk. Tujuan utama pengendalian kualitas statistik adalah pengurangan variabilitas secara sistemik dalam karakteristik kunci produk itu.

Manfaat dari penerapan pengendalian kualitas statistik, antara lain:

1. kualitas produk yang lebih beragam;
2. memberikan informasi kesalahan lebih awal;
3. mengurangi besarnya bahan yang terbuang sehingga menghemat biaya bahan;
4. meningkatkan kesadaran perlunya pengendalian kualitas; dan
5. menunjukkan tempat terjadinya permasalahan dan kesulitan.

Pengendalian proses statistik (*statistical process control*) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai pemonitor, pengendali, penganalisis, pengelola, dan memperbaiki proses menggunakan metode-metode statistik. Pengendalian proses statistik merupakan penerapan metode-metode statistik untuk pengukuran dan analisis variasi proses. Dengan pengendalian proses statistik maka dapat dilakukan analisis dan meminimalkan penyimpangan dan kesalahan, mengkuantifikasikan kemampuan proses dan memuat hubungan antara konsep dan teknik yang ada untuk mengadakan perbaikan proses. Keberhasilan dalam



pengendalian proses statistik dapat dipengaruhi oleh tiga faktor, yakni sistem pengukuran, sistem pelatihan yang tepat, dan komitmen manajemen. Alasan utama menggunakan pengendalian proses statistik adalah untuk dapat mencapai kepuasan pelanggan.

### **2.3.1 Tujuan pengendalian kualitas statistik**

Pengendalian proses statistik adalah sebagai berikut (Hubeis, 1997) :

1. Mengendalikan dan memantau terjadinya penyimpangan mutu produk
2. Memberikan peringatan dini untuk mencegah terjadinya penyimpangan mutu produk lebih lanjut.
3. Memberikan petunjuk waktu yang tepat untuk segera melakukan tindakan koreksi dari proses yang menyimpang.
4. Mengenali penyebab keragaman atau penyimpangan produk.

Tujuan utama pengendalian proses secara statistik adalah pengurangan variasi yang sistematis dalam karakteristik mutu kunci produk. Pengendalian proses secara statistik akan menstabilkan proses dan mengurangi variasi, sehingga menghasilkan biaya mutu yang lebih rendah dan mempertinggi posisi dalam kompetisi yang semakin ketat (Montgomery, 1996).

Mengetahui variasi suatu proses dalam menghasilkan *output* sangat penting, agar dapat mengambil tindakan-tindakan perbaikan terhadap proses itu secara tepat. Metode statistik diperlukan untuk mengidentifikasi penyimpangan dan menunjukkan penyebab Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton .Berbagai penyimpangan baik untuk proses produksi maupun bisnis, sehingga menyebabkan peningkatan produktivitas (Ryan, 1989).

Pengendalian proses secara statistik berarti proses itu dikendalikan berdasarkan catatan data yang secara terus menerus dikumpulkan dan dianalisis agar menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam mengendalikan dan

meningkatkan proses sehingga proses memiliki kemampuan untuk memenuhi spesifikasi *output* yang diinginkan (Gaspersz, 1998).

## 2.4 Data Ukuran Kualitas yang Bersifat Variabel

Karakteristik data ukuran kualitas dikelompokkan menjadi dua jenis yakni data ukuran kualitas yang bersifat variabel dan data ukuran kualitas yang bersifat atribut. Ukuran kualitas variabel adalah karakteristik kualitas suatu produk yang dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur (besaran kontinue). Seperti : panjang, berat, temperatur, dll. Ukuran kualitas yang bersifat variabel memiliki distribusi yang kontinu Distribusi kontinu (Continuous Distribution) menggambarkan data yang memiliki distribusi rapat sekali karena data tersebut bisa terjadi dalam digit dibelakang koma hingga  $n$  digit.

Kualitas proses statistik untuk data variabel seringkali disebut sebagai metode peta pengendali (*control chart*) untuk data variabel. Metode ini digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi. Metode ini juga dapat menunjukkan apakah proses dalam kondisi stabil atau tidak. Dalam peta kendali (*control chart*) seringkali terjadi kekacauan antara batas pengendali dengan batas spesifikasi.

Sementara itu, dalam proses pengendalian, peta pengendali statistik mendeteksi adanya sebab khusus dalam ketidaksesuaian yang terjadi. Apabila data sampel berada di luar batas pengendali, maka data sampel tersebut disebut berada diluar batas pengendali statistik (*out of statistical control*). Sebaliknya apabila data sampel berada di dalam batas pengendali data sampel tersebut disebut berada di dalam batas pengendali statistik (*in statistical control*). Proses yang disebut berada di dalam batas pengendali statistik tersebut dikatakan berada dalam kondisi stabil

dengan kemungkinan adanya variasi yang disebabkan oleh sebab umum. Namun demikian, kondisi *in statistical control* tersebut tidak selalu identik dengan kepuasan pelanggan. Demikianlah, batas-batas pada peta pengendali statistik berbeda dengan batas-batas spesifikasi. Pada beberapa situasi, proses tidak berada pada pengendali statistik tetapi tidak membutuhkan tindakan karena telah memenuhi spesifikasi. Pada kondisi lain, proses *in statistical control* justru membutuhkan tindakan karena spesifikasi produk tidak tercapai.

Menurut besterfield (1998) manfaat pengendalian kualitas data variabel memberikan informasi :

1. perbaikan kualitas
2. menentukan kemampuan proses setelah perbaikan kualitas tercapai
3. membuat keputusan yg terkait spesifikasi produk.
4. membuat keputusan yang terkait dgn proses produksi
5. membuat keputusan baru terkait dgn produk yg dihasilkan

## **2.5 Alat Bantu Pengendalian Kualitas Statistik**

Pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan SPC (*Statistical Process Control*) dan SQC (*Statistical Quality Control*), mempunyai 7 (tujuh) alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas yaitu; *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram pareto, diagram sebab akibat, *scatter diagram* dan diagram proses (Heizer dan Render, 2006).

### **2.5.1. Check sheet**

*Check Sheet* atau lembar pemeriksaan merupakan alat pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang diproduksi dan jenis ketidaksesuaian beserta jumlah yang dihasilkannya. Tujuan digunakannya *check sheet* ini adalah untuk mempermudah proses pengumpulan data dan analisis, serta untuk mengetahui area permasalahan berdasarkan frekuensi dari jenis atau penyebab dan

mengambil keputusan untuk melakukan perbaikan atau tidak. Pelaksanaannya dilakukan dengan cara mencatat frekuensi munculnya karakteristik suatu produk yang berkenaan dengan kualitasnya. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengadakan analisis masalah kualitas.

(a) *Check Sheet*: An organized method of recording data.

Defect	Hour							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	/	//					//	///

Gambar 2. 6 Check sheet

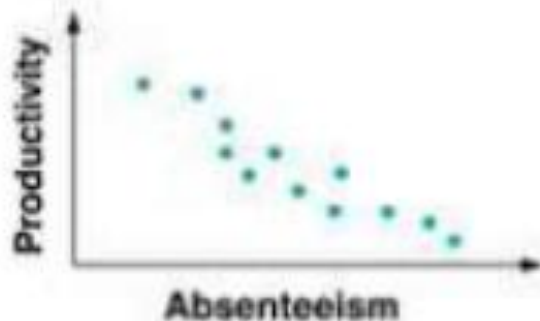
Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

Manfaat dipergunakannya *check sheet* adalah sebagai berikut :

- 1) Mempermudah pengumpulan data terutama untuk mengetahui bagaimana suatu masalah terjadi.
- 2) Mengumpulkan data tentang jenis masalah yang sedang terjadi.
- 3) Menyusun data secara otomatis sehingga lebih mudah untuk dikumpulkan.
- 4) Memisahkan antara opini dan fakta.

### 2.5.2. Scatter diagram

(b) *Scatter Diagram*: A graph of the value of one variable vs. another variable.



Gambar 2. 7 Scatter diagram

Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

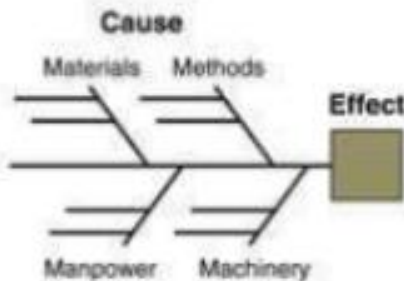
*Scatter diagram* atau diagram sebar atau disebut juga dengan peta korelasi adalah grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antara dua variabel tersebut kuat atau tidak yaitu antara faktor proses atau yang mempengaruhi proses dengan kualitas produk. Pada dasarnya diagram sebar merupakan suatu alat interpretasi data yang digunakan untuk menguji bagaimana kuatnya hubungan antara dua variabel dan menentukan jenis hubungan dari dua variabel tersebut, apakah positif, negatif, atau tidak ada hubungan.

### 2.5.3. Diagram sebab-akibat (*cause and effect diagram*)

Diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*) yang sering disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone chart*) berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada

kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari. Selain itu kita juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat dari panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram *fishbone* tersebut. Diagram sebab akibat ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas dari Jepang yaitu Dr. Kaoru Ishikawa yang menggunakan uraian grafis dari unsur-unsur proses untuk menganalisa sumber-sumber potensial dari penyimpangan proses.

(c) *Cause and Effect Diagram: A tool that identifies process elements (causes) that might effect an outcome.*



Gambar 2. 8 Diagram sebab akibat

Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

Faktor-faktor penyebab utama ini dapat dikelompokkan dalam :

- 1) *Material*/bahan baku
- 2) *Machine*/mesin
- 3) *Man*/tenaga kerja
- 4) *Method*/metode
- 5) *Environment*/lingkungan

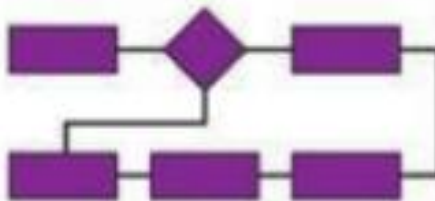
Adapun kegunaan dari diagram sebab akibat adalah sebagai berikut :

- 1) Membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah.
- 2) Menganalisa kondisi yang sebenarnya yang bertujuan untuk memperbaiki peningkatan kualitas.
- 3) Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi suatu masalah.
- 4) Mengidentifikasi penyebab minor dan meletakkannya pada penyebab mayor.
- 5) 5) Diagram telah selesai, kemudian dilakukan evaluasi untuk menentukan penyebab sesungguhnya.

#### **2.5.4. Diagram Alir atau Diagram Proses (*Process Flow Chart*)**

Diagram alir atau diagram proses (*process flow chart*) menyajikan sebuah proses atau sistem dengan menggunakan kotak dan garis yang saling berhubungan. Diagram ini cukup sederhana, tetapi merupakan alat yang sangat baik untuk mencoba memahami sebuah proses atau menjelaskan langkah-langkah sebuah proses. Diagram alir dipergunakan sebagai alat analisis untuk:

(e) *Flow Charts (Process Diagrams):* A chart that describes the steps in a process.



Gambar 2. 9 Diagram alir ( proses)

Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

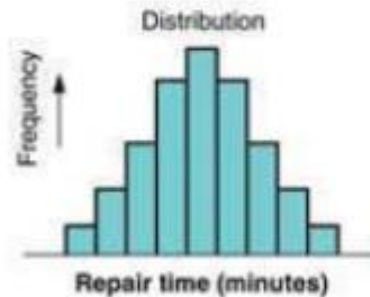
- 1) Mengumpulkan data dan mengimplementasikan data juga merupakan ringkasan visual dari data itu sehingga memudahkan dalam pemahaman.
- 2) Menunjukkan *output* dari suatu proses.
- 3) Menunjukkan apa yang sedang terjadi dalam situasi tertentu sepanjang waktu.
- 4) Menunjukkan kecenderungan dari data sepanjang waktu.
- 5) Membandingkan dari data periode yang satu dengan periode lain, juga memeriksa perubahan-perubahan yang terjadi.

#### **2.5.5. Histogram**

Histogram adalah suatu alat yang berbentuk diagram batang yang menunjukkan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya sebagai alat bantu untuk menentukan variasi dalam suatu proses. Tabulasi data ini umumnya dikenal sebagai distribusi frekuensi. Histogram menunjukkan karakteristik-karakteristik dari data yang dibagi-bagi menjadi kelaskelas. Histogram dapat berbentuk “normal” atau berbentuk seperti lonceng yang menunjukkan bahwa banyak data yang terdapat pada nilai rata-ratanya. Bentuk histogram yang miring atau tidak simetris menunjukkan bahwa banyak data yang tidak berada pada nilai rata-ratanya tetapi kebanyakan datanya berada pada batas atas atau bawah. Manfaat histogram adalah sebagai berikut :



(f) *Histogram: A distribution showing the frequency of occurrences of a variable.*



Gambar 2. 10 Histogram

Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

- a) Memberikan gambaran populasi
- b) Memperlihatkan variabel dalam susunan data.
- c) Mengembangkan pengelompokan yang logis.
- d) Pola-pola variasi mengungkapkan fakta-fakta produk tentang proses.

Variabilitas (ukuran penyebaran) merupakan suatu nilai dari sekelompok data yang menjadi ukuran untuk mengetahui besarnya penyimpangan data dengan nilai rata-rata hitungannya. Variabilitas adalah data yang menggambarkan bagaimana suatu kelompok data yang menyebar terhadap pusatnya data. Ukuran penyebaran (variabilitas) adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa besar nilai-nilai data berbeda atau bervariasi dengan nilai ukuran pusatnya atau seberapa besar penyimpangan nilai-nilai data dengan nilai pusatnya.

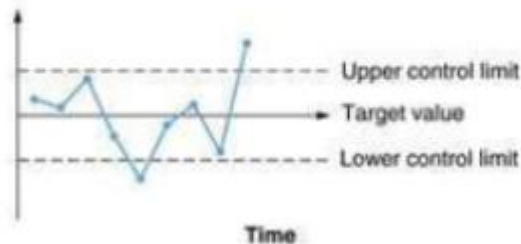
Ukuran variabilitas (penyebaran) adalah ukuran yang mengukur seberapa jauh data yang ada menyimpang dari ukuran

pusatnya (*tendency central*). Variabilitas berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui homogenitas dan heterogenitas suatu kelompok data. Semakin kecil nilai variabilitas menunjukkan semakin kecil penyebaran suatu kelompok data (homogenitas). Semakin besar nilai variabilitas menunjukkan semakin besar penyebaran suatu kelompok data (heterogenitas).

### 2.5.6. Peta Kendali

Dalam proses pengendalian digunakan peta pengendali . Peta kendali variabel digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang bersifat variabel dan dapat diukur. Seperti : berat, ketebalan, panjang, volum, diameter. Peta kendali variabel biasanya digunakan untuk pengendalian proses yang didominasi oleh mesin.

(g) Statistical Process Control Chart: A chart with time on the horizontal axis to plot values of a statistic.



Gambar 2. 11 Peta kendali

Sumber : Aplikasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Pengendalian Variabilitas Kuat Tekan Beton hal 21

Peta kendali adalah peta yang menunjukkan batas-batas yang dihasilkan oleh suatu proses dengan tingkat kepercayaan tertentu. Peta kendali digunakan untuk membantu mendeteksi adanya penyimpangan dengan cara menetapkan batas-batas kendali:

- a. Batas kendali atas (*Upper Control Limit*)

Merupakan garis batas kendali atas untuk suatu penyimpangan yang masih dapat ditolerans.;

b. Garis pusat atau garis tengah (*Central Line*)

Merupakan garis yang melambangkan tidak adanya penyimpangan dari karakteristik sampel; dan

c. Batas kendali bawah (*Lower Control Limit*)

Merupakan garis batas kendali bawah untuk suatu penyimpangan dari karakteristik suatu sampel.

Peta kendali variabel dibagi menjadi 2 :

1. Peta kendali rata-rata (  $\bar{x}$  chart)

Digunakan untuk mengetahui rata-rata pengukuran antar sub grup yang diperiksa.

2. Peta kendali rentang (R chart)

Digunakan untuk mengetahui besarnya rentang atau selisih antara nilai pengukuran antara nilai pengukuran yang terbesar dengan nilai pengukuran terkecil di dalam sub grup yang diperiksa.

Bagan pengendalian mutu digunakan untuk pengendalian kualitas melalui penelitian atau pengujian terhadap variabel proses, seperti waktu yang digunakan untuk memproses pengerjaan produk dan ukuran produk (diameter, panjang, berat atau isi). Kesesuaian dengan standar mutu dinilai dari 2 sudut penilaian, yaitu ukuran rata-rata sampel serta daya jangkau (*range*) dari ukuran sampel yang diteliti. Keakuratan proses dipelihara dengan mempergunakan bagan X. Sedangkan presisi ukuran produk (*precise*) ditelusuri melalui bagan R.

Langkah-langkah control chart data variabel (besterfield, 1998)

1. Pemilihan karakteristik kualitas  
(berat, panjang, waktu, dst)
2. Pemilihan sub kelompok
3. Pengumpulan data
4. Penentuan garis pusat (*center line*) dan *control limits*

5. Penyusunan revisi terhadap garis pusat dan batas-batas pengendalian
6. Interpretasi terhadap pencapaian tujuan

#### 2.4.6.1 Langkah-langkah Membuat Peta R ( $\bar{R}$ Chart)

1. Hitung selisih antara data terbesar dengan data terkecil (R) pada pengamatan tiap sub grup.
2. Hitung total R ( $\sum R$ ) dari seluruh subgrup
3. Hitung rata-rata R dengan rumus:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n}$$

4. Hitung Batas Pengendali Atas (**UCL R**) = **D4** .  $\bar{R}$ .....(Lihat Tabel nilai konstanta)
5. Hitung Batas Pengendali Bawah (**LCL R**) = **D3** .  $\bar{R}$ .....(Lihat Tabel nilai konstanta)
6. Lakukan plot data seluruh pengukuran dengan menggunakan UCL R,  $\bar{R}$ , dan LCL R.

#### 2.4.6.2 Langkah-langkah Membuat Peta X ( $\bar{x}$ Chart)

1. Hitung rata-rata data pada tiap subgrup ( $\bar{X}$ )
2. Hitung rata-rata dari  $\bar{X}$  ( $\bar{\bar{X}}$ ) dengan rumus:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

3. Hitung Batas Pengendali Atas (**UCL X**) =  $\bar{\bar{X}}$  + **A<sub>2</sub>** .  $\bar{R}$ .....(Lihat Tabel nilai konstanta)
4. Hitung Batas Pengendali Atas (**UCL X**) =  $\bar{\bar{X}}$  - **A<sub>2</sub>** .  $\bar{R}$ .....(Lihat Tabel nilai konstanta)
5. Lakukan plot data seluruh pengukuran dengan menggunakan UCL X,  $\bar{\bar{X}}$ , dan LCL X.

### 2.6 Analisis Kemampuan Proses

Analisis kemampuan proses dilakukan untuk mengetahui sejauh mana proses dapat menjaga kestabilan variabilitasnya. Hal ini berarti perusahaan harus memiliki indeks kemampuan proses yang dinyatakan dalam Cp (*process capability index*) minimum.

Taksiran kemampuan proses mungkin dalam bentuk distribusi probabilitas yang mempunyai bentuk, ukuran pemusatan, dan ukuran penyebaran tertentu. Dalam suatu persoalan sudah ditentukannya hasil proses yang berdistribusi normal dengan mean dan standar deviasi, analisa kemampuan proses dapat dilakukan tanpa melihat dan mengingat spesifikasi tertentu pada karakteristik mutu. Sebagai alternatif kita dapat menyatakan kemampuan proses sebagai persentase diluar spesifikasi. Akan tetapi spesifikasi tidak diperlukan dalam menganalisa kemampuan proses. Sehingga apabila menginginkan menggunakan batas spesifikasi, maka dimungkinkan akan memberikan hasil analisis yang berbeda.

Batas spesifikasi berbeda dengan batas kendali pada bagan pengendali. Batas spesifikasi muncul berdasarkan karakteristik mutu atau standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Dikenal dua macam batas spesifikasi yakni batas spesifikasi atas (*Upper Specification Limit*) dan batas spesifikasi bawah (*Lower Specification Limit*).

Kemampuan proses untuk bagan pengendali dapat dicari dengan rumus :

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

dengan:

$Cp$  = *process capability index*,

$USL$  = *Upper Specification Limit*,

$LSL$  = *Lower Specification Limit*, dan

$\sigma$  = standar deviasi.

dengan ketentuan:

$Cp < 1$  = proses diidentifikasi tidak mencapai target atau spesifikasi, dan

$Cp \geq 1$  = proses memiliki kapabilitas yang memadai untuk mencapai spesifikasi yang sudah ditentukan.

Terdapat 2 kondisi yang dapat terjadi pada saat berada dalam proses yaitu:

1) Proses terkendali

Suatu proses dapat dikatakan terkendali (*process control*) apabila nilai-nilai variasi yang diplot pada peta kendali memiliki pola:

- a) Terdapat 2 atau 3 titik yang dekat dengan garis pusat.
- b) Sedikit titik-titik yang dekat dengan batas kendali.
- c) Titik-titik terletak bolak-balik di antara garis pusat.
- d) Jumlah titik-titik pada kedua sisi dari garis pusat seimbang.
- e) Tidak ada yang melewati batas-batas kendali.

2) Proses tidak terkendali

Beberapa titik pada peta kendali yang membentuk grafik, memiliki berbagai macam bentuk yang dapat memberitahukan kapan proses dalam keadaan tidak terkendali dan perlu dilakukan perbaikan. Perlu diperhatikan, bahwa adanya kemungkinan titik-titik tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya penyimpangan pada proses berikutnya.

a) Deret

Apabila terdapat 7 titik berturut-turut pada peta kendali yang selalu berada di atas atau di bawah garis tengah secara berurutan.

b) Kecenderungan

Bila dari 7 titik berturut-turut cenderung menuju ke atas atau ke bawah garis tengah atau membentuk sekumpulan titik yang membentuk garis yang naik atau turun.

c) Perulangan

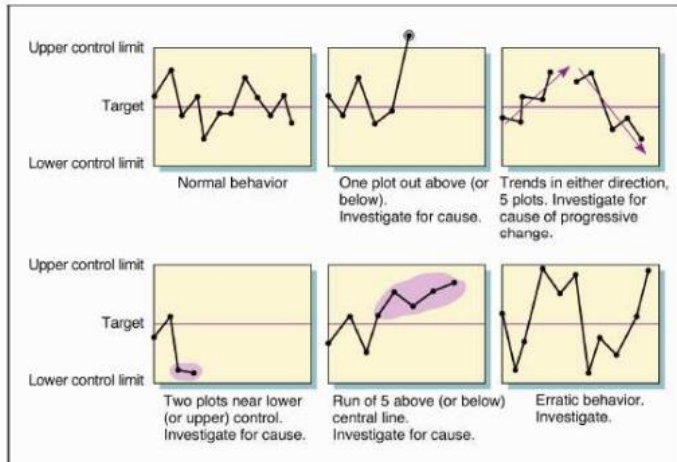
Dari sekumpulan titik terdapat titik yang menunjukkan pola yang hampir sama dalam selang waktu yang sama.

d) Terjepit dalam batas kendali

Apabila dari sekelompok titik terdapat beberapa titik pada peta kendali cenderung selalu jatuh dekat garis tengah atau batas kendali atas maupun bawah

f) Pelompatan

- g) Apabila beberapa titik yang jatuh dekat batas kendali tertentu secara tiba-tiba titik selanjutnya jatuh di dekat batas kendali yang lain.



Gambar 2. 12 Bentuk penyimpangan

Sumber : Teodolita Vol.14, No.1., Juni 2012:16-36

## 2.7 Penelitian terdahulu

Penelitian yang dilakukan ini tidak terlepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang mana dapat menjadi rujukan dalam penulisan dan penyelesaian masalah pada penelitian ini. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang di rujuk adalah :

Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu

Judul penelitian	Nama peneliti	Sumber
Pengendalian dan Evaluasi Kualitas Beton Dengan Metode <i>Statistical Process Control</i> (SPC)	Ir. Helmy Darjanto, MT	NEUTRON, Vol.4, No. 2, Agustus 2004
Analisis pengendalian kualitas proses produksi dengan metode Statistical Process Control (SPC) di PT. Surya Toto Indonesia, tbk.	Mohamad Solihudin dan Lien Herliani Kusumah	Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2017 ISSN 2085-4218 ITN Malang, 4 Pebruari 2017
Penerapan <i>statistical process control</i> untuk pengendalian mutu semen di PT. Semen Indonesia	Dwi Sagti Nur Yunita dan Hasan Dani	Jurnal Rekayasa Teknik Sipil UNESA ISSN 2252-5009, tahun 2017

Penulis dapat menjadikan penelitian di atas sebagai pedoman dalam penulisan penelitian ini. Yang mana memilih metode SPC sebagai pengawasan dan pengendali mutu beton pada proyek apartment Biz Square. Untuk menjawab permasalahan permasalahan yang ada dalam penelitian ini.



## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Variabel Penelitian**

Pada penelitian ini di gunakan variabel kualitas beton berupa sampel :

1. Kuat tekan
2. Slump

Kuat tekan adalah nilai kekuatan beton keras yang diambil dari hasil tes di laboratorium. Kuat tekan yang dihasilkan berasal dari sampel yang diambil di lapangan dan dilakukan pengujian kuat tekan di laboratorium sesuai dengan peraturan pada SNI. Sementara berdasarkan kriteria penerimaan kuat tekan beton di lapangan, kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (SNI 03-2847-2002).

Slump adalah nilai kekuatan beton segar yang diambil dari pengukuran di lapangan padasaat sebelum beton di terima sebagai material pengecoran. Tes slump yang dilakukan dengan cara mengukur penurunan beton dari ukuran kerucut abrams. Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran.

### **3.2 Sampel Penelitian**

Maka sampel data yang diambil merupakan hasil pengetesan slump dan kuat tekan beton yang berasal dari populasi setiap zona pengecoran. Seperti pada gambar zona pengecoran di atas satu zona pengecoran dilakukan oleh satu batch pengecoran yang mana sampel akan di ambil dari setiap batch pengecoran.

Sampel penelitian kuat tekan adalah berupa benda uji beton yang diuji di Laboratorium Teknik Sipil ITS Surabaya yang berasal dari Proyek apartemen Biz Square di Kota surabaya pada pekerjaan balok,kolom dan pelat lantai. Beton yang digunakan

merupakan produksi salah satu produsen *ready mix concrete* PT. Varia Usaha di wilayah Jawa timur. Untuk saat ini *suplyer* beton yang digunakan baru dari perusahaan tersebut tetapi untuk pengecoran yang akan datang bisa terjadi perubahan perusahaan *suplyer* beton. Berdasarkan spesifikasi teknis (dokumen kontrak) mutu rencana beton yaitu  $f'c$  25 MPa atau setara K 300. Sedangkan benda uji beton adalah berupa silinder 150 x 300 mm. yang mana pengambilan benda uji di dasarkan pada peraturan SNI 03-2847-2002.

Selain sampel untuk data uji kuat tekan, sampel yang penulis gunakan sebagai bahan untuk dianalisa juga merupakan hasil uji tes slump yang dilakukan di lapangan. Tes slump yang dilakukan dengan mengambil sampel secara acak dari *truck mixer* yang datang dari batching plant. Sebelum melakukan pengecoran akan di check terlebih dahulu bagaimana besaran slump dari beton yang akan di cor tersebut. Untuk pengambilan sampel slump dilakukan sesuai acuan peraturan pengambilan sampel slump pada SNI 1972-2008.

Sampel yang di kumpulkan setiap kali melakukan pengecoran atau yang di sebut batch. Sehingga setiap harinya berkemungkinan akan terjadi lebih dari satu batch pengecoran.

### **3.3 Jumlah Sampel**

Benda uji atau sampel berjumlah minimal 3 sampel setiap batch dengan 6 buah jumlah benda uji. Dimana sesuai dengan kode yang ada pada benda uji setiap satu pasang benda uji (2 buah benda uji yang berpasangan) adalah berasal atau diambil dari satu adukan yang sama (dari satu *truck mixer*). Sehingga setelah diuji, nilai kuat tekan rata-rata dua buah benda uji yang berpasangan tersebut merupakan satu data hasil uji tekan dari suatu adukan.

Berdasarkan kode yang ada, teknik pengambilan benda uji (sampel) setiap pasang dilakukan secara acak (random) dari beberapa *trukc* mixer pada setiap hari pengecoran. Dengan demikian dalam setiap hari pengecoran lebih dari satu

pasang benda uji yang diambil. Hal ini sudah memenuhi atau bahkan melampaui frekuensi minimum pengambilan benda uji yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

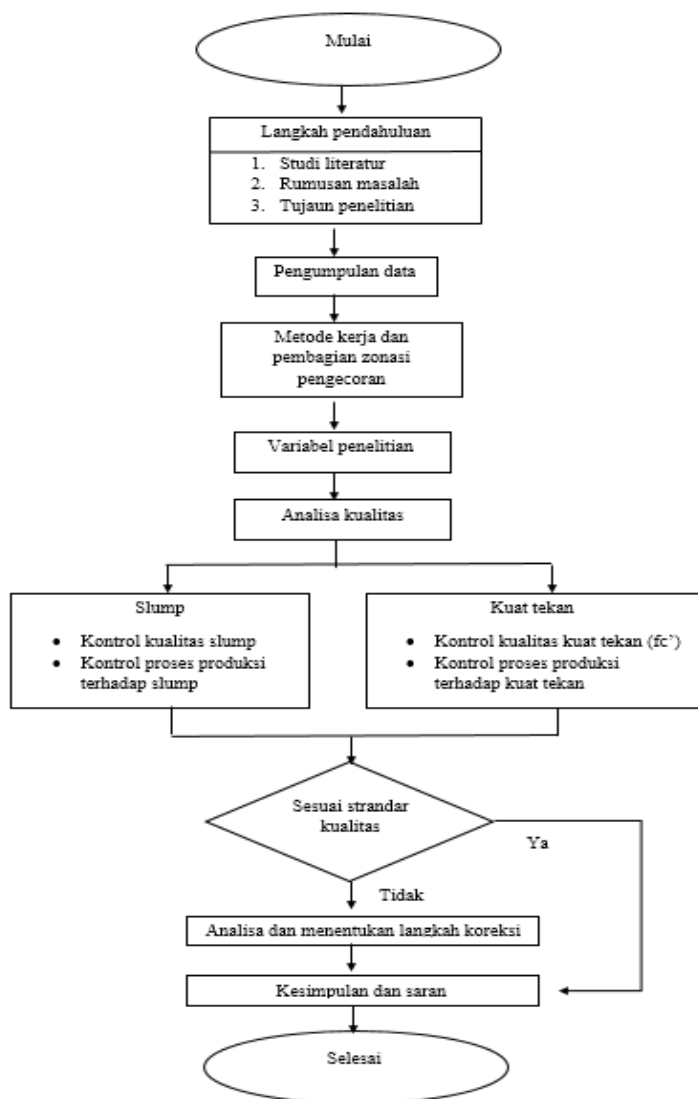
### **3.4 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode SPC ( *statistical process control* ) . Data hasil penelitian berupa data slump dan data kuat tekan sebagai variabel mutu beton digunakan untuk menganalisa kualitas dan menganalisa proses produksi beton pada proyek apartemen tersebut.

Analisis untuk pengendalian statistik mencakup penggambaran data produksi akan memudahkan dalam mengidentifikasi kecenderungan yang terjadi dari waktu ke waktu. Sehingga output dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana variabilitas mutu beton yang selama ini dihasilkan oleh proses pengecoran proyek ini. Ukuran penyebaran (variabilitas) adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa besar nilai-nilai data berbeda atau bervariasi dengan nilai ukuran pusatnya atau seberapa besar penyimpangan nilai-nilai data dengan nilai pusatnya. Variasi yang diharapkan adalah variasi yang minim yang berarti tidak terlalu banyak data mutu beton yang hasilnya berbeda dengan mutu yang ditetapkan. Sedangkan hasil analisa dari mutu beton yang dibuat berdasarkan batch atau pengecoran-ke yang terjadi dari waktu ke waktu. Sehingga dengan tren tersebut dapat di analisa penyimpangan yang terjadi serta menempatkan langkah koreksi dari penyimpangan tersebut.

Pada penelitian ini terdapat data 30 benda uji yang merupakan pasangan beton dari 15 batch pengukuran yang datanya dikumpulkan pada pelaksanaan pengecoran dari bulan Januari-juni 2018. Dan total data slump terdapat 182 data hasil uji slump di lapangan.

Pada akhirnya penelitian ini di harapkan dapat menghasilkan analisa variabilitas untuk kontrol kualitas dan analisa tren untuk kontrol proses. Yang dimaksud dengan analisa variabilitas adalah mengelompokan data hasil slump dan kuat tekan untuk di jadikan histogram guna mengetahui variabilitas data- data tersebut. Hal tersebut perlu dilakukan dalam kontrol kualitas sebab dengan mengetahui variabilitas slump dan kuat tekan beton kita dapat mengetahui besar nilai- nilai data yang berbeda atau bervariasi dengan nilai ukuran pusatnya. Yang mana besarnya perbedaan atau penyimpangan nilai- nilai data tersebut di artikan sebagai variabilitas. Dengan mengetahui variabilitas tersebut kita dapat melihat seberapa jauhnya data – data tersebut dengan dengan ukuran pusatnya. Semakin jauh data dengan ukuran pusatnya maka semaik buruk kualitas slump beton pada bangunan tersebut. Hal tersebut juga berlaku untuk data hasil kuat tekan beton yang dilakukan di laboratorium. Data tersebut di kumpulkan dan juga di analisa kualitasnya berdasarkan variabilitas data- data kuat tekan beton tersebut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

### 3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan perumusan yang dimulai dengan melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan mencari tahu apa saja penyebab kegagalan mutu atau penyimpangan mutu pada beton. Selain itu penulis juga melakukan studi literatur mengenai metode kontrol kualitas dan kontrol proses yang dapat diterapkan dan bagaimana cara yang tepat untuk melakukan analisisnya. Setelah melakukan studi literatur dimulai penyusunan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang berisikan tentang hal apa saja yang akan dijadikan permasalahan atau yang akan dibahas di dalam penelitian ini.

Setelah memiliki rumusan masalah dan tujuan penelitian, penulis melakukan observasi dan pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung lapangan dan pengumpulan data-data yang terkait dengan variabel penelitian yaitu kuat tekan dan slump.

Setelah data di dapat, penulis mulai melakukan analisa pengumpulan dan pengelompokan data. Data-data yang didapat di kumpulkan berdasarkan jenis data dan waktu data tersebut. Selanjutnya setiap data hasil uji kuat tekan laboratorium dikumpulkan sebagai data pendukung variabel penelitian mengenai kuat tekan. Selanjutnya untuk data variabel slump dilakukan pengumpulan berdasarkan hasil uji slump yang dimuat pada laporan data surat penerimaan beton.

Selanjutnya setelah memperoleh data yang telah dikelompokkan penulis melakukan analisa kualitas sebagai wujud dari analisa vaibilitas dan analisa proses kontrol produksi sebagai wujud analisa terhadap tren. Yang mana analisa dilakukan untuk dapat menghasilkan jawaban dari perumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada analisa ini tool managemnt yang digunakan adalah metode SPC ( *statistical process control*). Metode

SPC ini digunakan dengan memanfaatkan teori-teori statistik dalam pengolahan data sampel yang diharapkan dapat mewakili dari semua mutu beton yang ada.

### **3.6 Proses pengolahan data**

Pada tahapan pertama pengolahan data data yang digunakan untuk analisa adalah data hasil uji slump dan hasil uji kuat tekan. Data – data yang sudah terkumpul kemudian di analisa dengan cara membuat histogram untuk mengetahui bagaimana variabilitas yang ada pada mutu beton tersebut. Dengan demikian dapat dilakukan kontrol kualitas dengan mengetahui seberapa jauh data- data tersebut dengan data pusatnya.

Pengolahan data selanjutnya adalah menganalisa penyimpangan penyimpangan yang terjadi pada trend yang sudah di analisa menggunakan peta kendali. Jika ada penyimpangan mutu yang terjadi maka dapat kita telusuri penyebabnya. Diharapkan dengan mengetahui penyebabnya kita dapat mencegah dan melakukan langkah koreksi dari penyimpangan tersebut. Sehingga dengan demikian mutu beton sebuah proyek dapat terkontrol dengan baik, tidak hanya hasil akhir produk tetapi juga proses pelaksanaan yang baik.

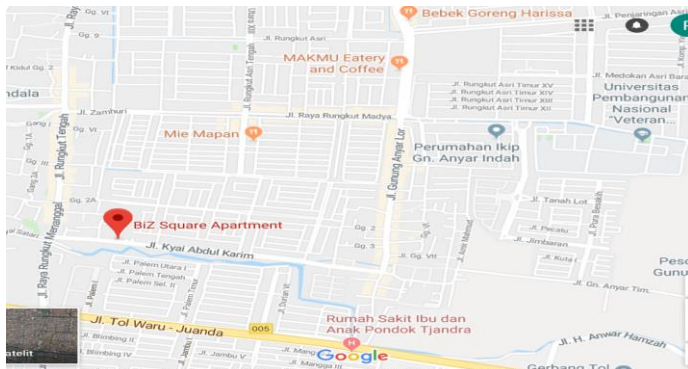




## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Umum Proyek

Proyek apartement biz square ini terletak di kota Surabaya, Jawa timur tepatnya di Jl. Kyai Abdul Karim No.37-39, Rungkut Menanggal, Gn. Anyar, Kota SBY, Jawa Timur. Apartement ini dibangun dengan konsep hunian modern yang mengedepankan gaya hidup ( *life style*). Apartment ini berlokasi di daerah bisnis dan industri, BiZ Square Apartment diapit oleh dua area industri, Rungkut dan Berbek, salah satu kawasan industri terbesar di Surabaya. Dengan diapitnya oleh area industri menjadikan BiZ Square Apartment hunian yang jadi incaran para profesional dan pegawai di kawasan rungkut. Terdapat 20 lebih perusahaan modal asing (PMA), 240 lebih perusahaan modal dalam negeri (PMDN) dan 45.000 lebih pekerja di kawasan ini. Target market penghuni apartemen yang sangat tinggi sehingga dengan banyaknya minat terhadap hunian di kawasan ini owner memutuskan untuk menambah investasi dengan melanjutkan pembangunan satu tower lagi.



Gambar 4. 1 Peta lokasi proyek

Sumber : google map

Pihak stake holder yang terkait pembangunan apartment ini adalah PT. Tiga Pilar Utama Sejahtera sebagai Owner, PT. Tata Bumi Raya sebagai kontraktor, dan PT. Como Tindo Mitra Inti sebagai konsultan perencana.



Gambar 4. 2 Fasad Apartment Biz Square  
Sumber : Data dari kontraktor

Apartment ini berada pada area yang mana apartment ini terdiri dari 2 tower yaitu tower A dan tower B. Tower B sudah di bangun dan sudah di operasikan sehingga tidak dapat dilakukan analisa mengenai proses pelaksanaan mutu beton. Sehingga penelitian ini menganalisa tower A. Bangunan apartment yang terdiri dari 15 lantai ,maka di rencanakan memerlukan volume beton yang besar. Dalam proses pembangunan apartemen tersebut. Data-data mengenai gambar umum proyek seperti denah, tampak dan potongan dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.1.1 Data Proyek

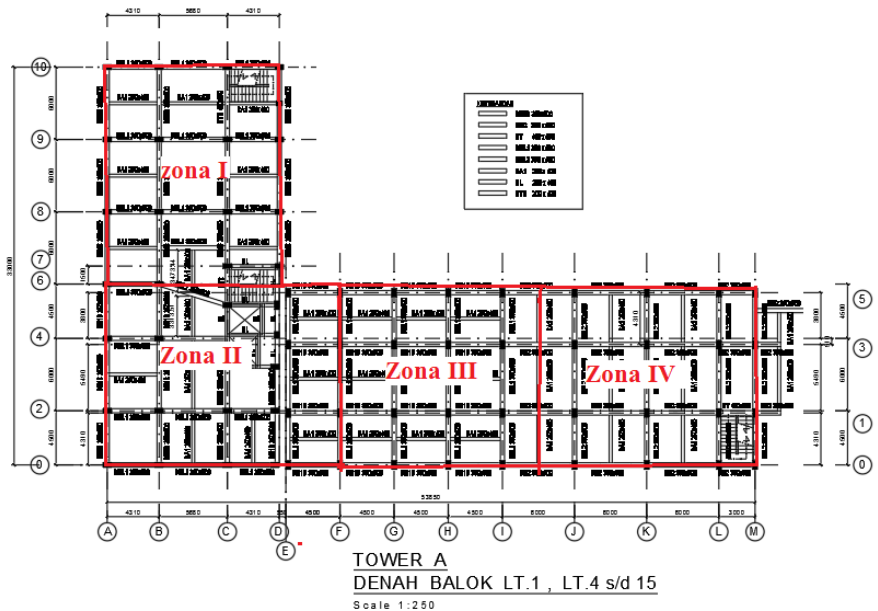
Nama proyek	: Proyek Pembangunan Apartment Biz Square
Lokasi proyek	: Jl. Kyai Abdul Karim No.37-39, Rungkut Menanggal, Gn. Anyar, Kota SBY, Jawa Timur
Owner	: PT. Tiga Pilar Utama Sejahtera sebagai
Kontarktor	: PT. Tata Bumi Raya
Konsultan Perencana	: PT. Como Tindo Mitra Inti

Adapun data teknis terkait pembangunan Apartment biz square adalah sebagai berikut :

Mutu beton kolom	: K300
Mutu beton plat	: K300
Mutu beton Balok	: K300
Kedalaman tiang pancang	: 30 m
Diameter tiang pancang	: 40 cm
Jumlah lantai bangunan	: 15 lantai
Mutu besi beton polos	: fy24
Mutu besi beton	: fy40
Dimensi kolom	: 400 x 700 mm
Tebal plat lantai	: 12 cm
Dimensi balok	: 200 x 400 mm, 350 x 500 mm, 400 x 500.

#### 4.1.2 Pembagian Zona Pengecoran

Pada saat ini zonasi area pengecoran atau pembagian area pengecoran di bagi menjadi 4 zona yaitu seperti gambar di bawah ini. Pembagian zona dapat berubah sesuai ketentuan kontraktor karena hal tersebut di pengaruhi banyak faktor. Untuk saat ini pembagian zona yang di terapkan kontraktor untuk pengecoran adalah seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 3 Zona Pengecoran

Sumber : Kontraktor

Pembagian zona seperti di gambar di atas adalah pembagian setiap lantai bangunan. Pada setiap zona biasanya dilakukan 1 batch pengecoran. Yang di maksud 1 batch adalah 1 kali pengecoran yang dilakukan dengan faktor – faktor pengaruh kuat tekan yang sama. Misalnya cuaca sama, produsen beton yang sama, waktu tempuh yang sama, kelompok pekerja yang sama dan peralatan yang sama. Setiap batch (pengecoran ke-) bisa jadi memiliki total volume pengecoran yang berbeda.

#### 4.2 Data Penelitian

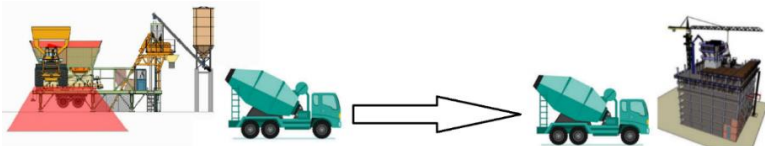
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari proyek. Data data tersebut

digunakan sebagai input pada analisa kualitas dan kontrol produksi beton yang dilaksanakan dilapangan.

#### 4.2.1 Proses Pengumpulan Data Slump

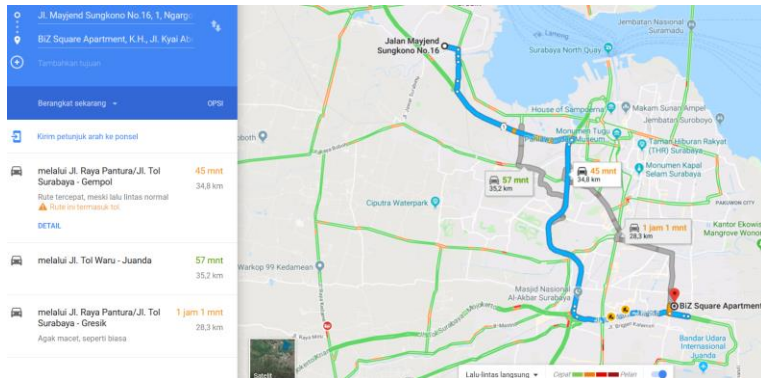
Data slump digunakan sebagai tolok ukur atau variabel penelitian yang dapat menggambarkan mutu beton segar. Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. workability beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan beberapa hal berikut :

- Homogenitas atau kerekatan campuran beton segar (homogeneity)
- Kelekatan adukan pasta semen (*Cohesiveness*)
- Kemampuan alir beton (Flowability)
- Kemampuan beton segar mempertahankan kerekatan dan kelekatan jika dipindah.
- Mengindikasi apakah beton masih dalam keadaan plastis



Gambar 4. 4 Pengambilan data

Hingga pembangunan 60% dari proyek ini perusahaan penyuplai beton yang digunakan adalah PT. Varia usaha. Yang mana plant asal berada di gersik tepatnya di Jl. Mayjend Sungkono No.16, 1, Ngargosari, Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Perjalanan normal sekitar 50 menit.



Gambar 4. 5 Gambar rute perjalanan batching plant ke proyek

Setelah tiba di lokasi proyek dilakukan pengisian check sheet I mengenai waktu pengiriman yang datanya di ambil dari laporan penerimaan barang. Dapat diketahui berapa waktu pengiriman beton dari batching plant ke proyek. Selanjutnya beton dari truck tersebut diambil sebagai sampel dan di ukur besar slump nya berdasarkan prosedur yang di tetapkan SNI. Setelah pengujian slump beton dari truck mixer tersebut juga di ambil untuk membuat benda uji yang nantinya akan dilakukan pengetesan kuat tekan di laboratorium. Data slump yang didapat dan akan dilakukan analisa berbentuk ukuran seberapa besar slump yang terjadi pada setiap tes slump.

Pencatatan dilakukan untuk setiap benda uji, yang didapatkan dari setiap kali pengetesan. Setiap benda uji dicatat dengan memberikan nomor sampel. Selanjutnya hasil pengukuran pada tes slump di catat sesuai hasil pengujian. Waktupengujian, jam jumlah benda uji dan volume juga harus tetap dimasukkan kedalam pencatatan data slump.

#### 4.2.2 Proses Pengumpulan Data Kuat Tekan

Data kuat tekan beton didapatkan dari hasil perhitungan tes hancur kuat tekan di laboratorium. Setelah benda uji dibuat

dilapangan, benda uji memasuki tahapan curing di laboratorium. Curing yang dilakukan adalah dengan cara merendam benda uji didalam air. Proses ini dilakukan sebagai penggambaran untuk beton yang terkena hujan. Maka dengan adanya curing yang baik hasil kuat tekan beton akan dapat menjadi optimum.

Setelah pada umur beton beberapa hari dilakukan tes uji kuat tekan yaitu dengan mengukur seberapa besar tekanan yang saat diterima beton silinder benda uji tersebut. Beton yang belum memasuki usia 28 hari ataupun yang lebih dari usia 28 hari akan dilakukan analisis dan pengolahan data terlebih dahulu sebelum dilakukan analisa.

#### 4.2.3 Keterangan Data Penelitian

Pada tugas akhir ini menggunakan sejumlah data mengenai data hasil uji kuat tekan beton dan data uji slump. Untuk data uji beton di dapatkan sesuai dengan peraturan dan di uji di laboratorium. Sedangkan untuk uji slump di dapatkan dari hasil pengukuran saat pelaksanaan uji slump di lapangan sebelum beton di gunakan sebagai material dalam proses pengecoran. Keterangan data-data yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Keterangan mengenai data yang digunakan

<b>Proyek</b>	<b>Pembangunan Apartmenet Biz Square</b>
Suplier Beton	PT. Varia Usaha
Periode data yang digunakan	Januari-juni 2018
Hari kerja (normal)	6 hari kerja (senin- sabtu)
Kuat tekan/ characteristic strength	K300Mpa
Slump Beton	10 ±2 cm
Benda uji	Silinder 15 x 30 cm

Penguji (external)	Laboratorium beton dan bahan bangunan ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
--------------------	---

### 4.3 Analisa Proses Pengecoran

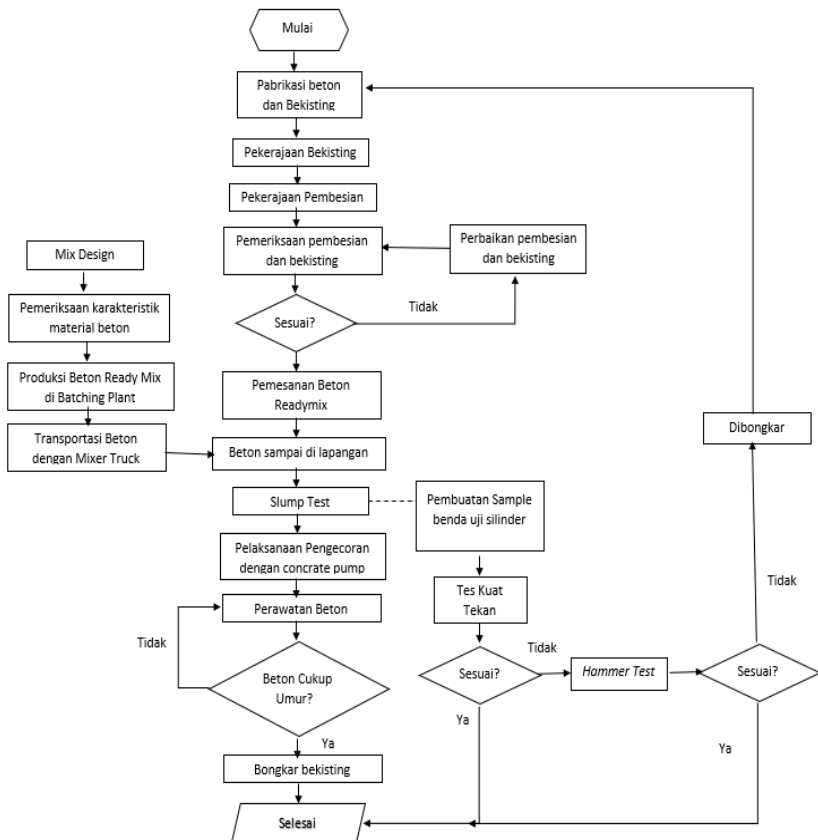
Analisa proses pengecoran secara SPC dilakukan dengan membuat diagram alir proses dari kegiatan pengecoran di lapangan. Diagram alir berisi tentang kegiatan proses pengecoran yang diterapkan pada proyek Apartement Biz Square. Diagram alir dapat digunakan untuk melihat urutan kegiatan pengecoran sehingga dapat membantu mengidentifikasi masalah yang muncul dalam sebuah proses produksi. Secara umum tahapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Untuk tahapan pertama dilakukan pekerjaan fabrikasi besi tulangan dan bekisting beton di lapangan.
2. Selanjutnya dilakukan pekerjaan bekisting beton yang dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian tulangan beton dengan dimensi, diameter besi, serta jarak besi tulangan sesuai dengan gambar perencanaan struktur.
3. Setelah selesai, dilakukan pemeriksaan untuk memastikan apakah dimensi bekisting serta diameter dan jarak besi tulangan sudah sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam gambar rencana struktur. Jika sudah benar dan sesuai yang dipersyaratkan maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya, jika tidak maka harus dilakukan koreksi untuk memperbaikinya.
4. Selanjutnya dilakukan pemesanan beton readymix ke supplier sesuai mutu yang dipersyaratkan. Beton readymix akan diproduksi di batching plant dan didatangkan ke lapangan menggunakan mixer truck.
5. Setelah beton sampai ke lapangan dilakukan slump test dan diambil sampel untuk benda uji test tekan silinder beton di laboratorium.



6. Jika memenuhi syarat slump beton maka selanjutnya dilakukan pengecoran beton yang dilanjutkan dengan pekerjaan curing / perawatan beton.
7. Setelah beton cukup umur maka bekisting beton dapat dibongkar.

Adapun diagram alir pada proses pelaksanaan pengecoran pada proyek pembangunan Apartment Biz Square dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4. 6 Diagram Alir Proses Pengecoran

#### **4.4 Analisis Pengolahan Data**

Analisis pengolahan data yang dilakukan adalah langkah yang digunakan untuk menganalisa data sebelum data tersebut siap dianalisa lebih lanjut. Karena data yang dikumpulkan tidak dapat langsung dianalisa dan harus menjalani berbagai tahapan.

##### **4.4.1. Analisis Pengolahan Data Kuat Tekan Beton**

Pengertian Kuat Tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicor) akan tetapi menurunkan kekuatan (Chu Kia Wang dan C.G. Salmon, 1990)

Beberapa analisa yang dilakukan terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan beberapa tahapan. Adapun tahapan analisis data tersebut adalah :

##### **1) Analisa Konversi umur beton.**

Perhitungan kuat tekan benda uji beton mengacu pada SNI 03-1974-2011 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Dengan membagi besarnya beban  $P$  (Newton) yang menyebabkan benda uji hancur dengan luas permukaan bidang tekan yang berupa lingkaran diameter 150 mm ( $A = 17.622,5 \text{ mm}^2$ ) maka akan didapatkan nilai kuat tekan  $f_c$  (MPa) masing-masing benda uji. Nilai kuat masing-masing benda uji selengkapnya disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 2 Data Kuat Tekan Benda Uji

Batch	umur hari	ukuran cm	berat kg	tekanan hancur ton	tegangan hancur kg/cm <sup>2</sup>	tegangan hancur Mpa	teg. Hancur ke kg/cm <sup>2</sup>	faktor konver	konversi 28 hari Mpa	konversi 28 hari Kg/cm <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	silinder	12.7	56.80	321.4	31.5	387.2	0.89	35.4	361.1
	30	silinder	12.71	48.00	271.6	26.6	327.2	1.0064	26.4	269.9
2	30	silinder	12.73	61.20	346.3	34.0	417.2	1.0064	33.8	344.1
	22	silinder	12.7	50.00	282.9	27.7	340.8	0.9571	28.9	295.6
3	22	silinder	12.8	49.00	227.3	27.2	334.1	0.9571	28.4	237.5
	15	silinder	12.8	40.00	226.4	22.2	272.8	0.89	24.9	254.4
4	7	silinder	12.9	36.00	203.7	20.0	245.4	0.65	30.8	313.4
	40	silinder	12.7	56.20	318.0	31.2	383.1	1.0387	30.0	306.2
5	35	silinder	12.7	52.00	294.3	28.9	354.6	1.0226	28.3	287.8
	33	silinder	12.7	50.00	282.9	27.7	340.8	1.0161	27.3	278.4
6	33	silinder	12.7	62.00	350.9	34.4	422.8	1.0161	33.9	345.3
	56	silinder	12.7	52.00	294.3	28.9	354.6	1.0903	26.5	269.9
7	96	silinder	12.7	47.60	269.4	26.4	324.6	1.2	22.0	224.5
	48	silinder	12.71	45.20	255.8	25.1	308.2	1.0645	23.6	240.3
8	48	silinder	12.7	43.60	246.7	24.2	397.2	1.0645	22.7	231.8
	52	silinder	12.7	62.00	350.9	34.4	422.8	1.0774	31.9	325.7
9	52	silinder	12.7	64.20	363.3	35.6	437.7	1.0774	33.0	337.2
	46	silinder	12.72	43.60	246.7	24.2	297.2	1.0581	22.9	233.2
10	37	silinder	12.7	60.60	342.9	33.6	414.1	1.029	32.7	333.2
	37	silinder	12.7	49.00	277.3	27.2	334.1	1.029	26.4	269.5
11	26	silinder	12.7	48.80	276.2	27.1	332.8	0.9855	27.5	280.3
	16	silinder	12.7	50.00	282.9	27.7	340.8	0.9	30.8	314.3
12	16	silinder	12.62	52.50	297.1	29.1	358.0	0.9	32.3	330.1
	16	silinder	12.7	48.75	275.9	27.1	332.4	0.9	30.1	306.6
13	15	silinder	12.54	52.75	298.5	29.3	359.6	0.89	32.9	335.4
	28	silinder	12.7	54.75	309.8	30.4	373.3	1	30.4	309.8
14	28	silinder	12.7	52.75	295.7	29.0	356.3	1	29.0	295.7
	16	silinder	12.7	50.00	282.9	27.7	340.8	0.9	30.8	314.3
15	30	silinder	12.7	56.40	319.2	31.3	384.6	1.0064	31.1	317.2
	30	silinder	12.62	53.20	301.1	29.5	362.8	1.0064	29.3	299.2

Data Kuat tekan benda uji yang didapat dari hasil perhitungan uji kuat tekan di laboratorium beton dan bahan bangunan ITS. Didapatkan tegangan hancur dalam (kg/cm<sup>2</sup> dan MPA). Dikarenakan umur beton pada saat pelaksanaan pengetesan kuat tekan tidak sama maka hasil perhitungan akan dilakukan konversi ke nilai kuat tekan beton usia 28 hari. Sehingga data yang dianalisa valid dan seragam dalam ukuran nilai kuat tekan 28 hari.

Untuk melakukan konversi, kita harus mengetahui faktor konversi dari setiap benda uji dengan umur beton bervariasi ke umur 28 hari. (Tabel konversi umur beton pada lampiran) setelah mendapatkan faktor konversi maka untuk mengukur kuat tekan

beton usia 28 hari digunakan perhitungan seperti contoh di bawah ini :

Data 1 : Umur beton 15 hari dengan kuat tekan 321.4 kg/cm<sup>2</sup> atau 31.5 Mpa. Dari tabel faktor konversi didapatkan untuk 15 hari = 0.89. Maka kuat tekan beton usia 28 hari :

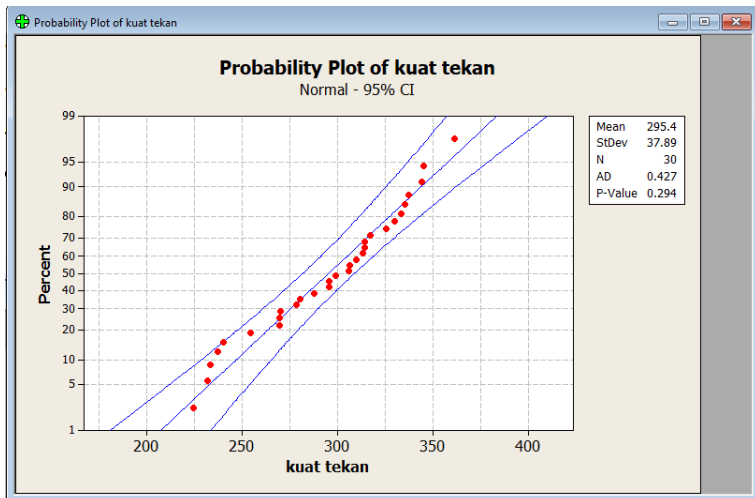
$$= 321.4 / 0.89 = 361.1 \text{ kg/m}^2$$

Atau

$$= 31.5 / 0.89 = 35.4 \text{ Mpa}$$

## 2) Analisa Uji Kenormalan Data Kuat Tekan

Sebelum melakukan analisis untuk data yang diperoleh, pertama kita menguji kenormalan distribusi dari data tersebut. Hal ini perlu untuk dilakukan, mengingat analisis yang akan digunakan harus terhadap data yang tersebar normal. Dengan menggunakan software Minitab, diperoleh gambar dari sebaran data tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 7 Grafik uji kenormalan data kuat tekan

Dengan melihat sebaran data dan hasil analisis dari gambar di atas kita peroleh nilai p-value adalah 0.294 yang lebih besar dari

0.05 sehingga bisa kita simpulkan bahwa data tersebut bersebaran normal. Sehingga data tersebut layak untuk dianalisa.

Salah satu bentuk penyajian data yang paling mendasar dan sederhana adalah bentuk tabel dua dimensi yang memuat urutan pengukuran dan hasil/nilai pengukuran yang ada. Untuk itu maka perlu dilakukan pembagian kelompok dalam menggunakan interval kelompok data yang diperoleh dari hasil pengukuran kuat tekan beton terhadap sampel beton .

#### **4.4.2. Analisis Pengolahan Data Slump Beton**

Sama seperti data kuat tekan, data pengolahan slump beton juga berisi langkah analisis pendahuluan yang dilakukan agar data slump dapat diolah lebih lanjut.

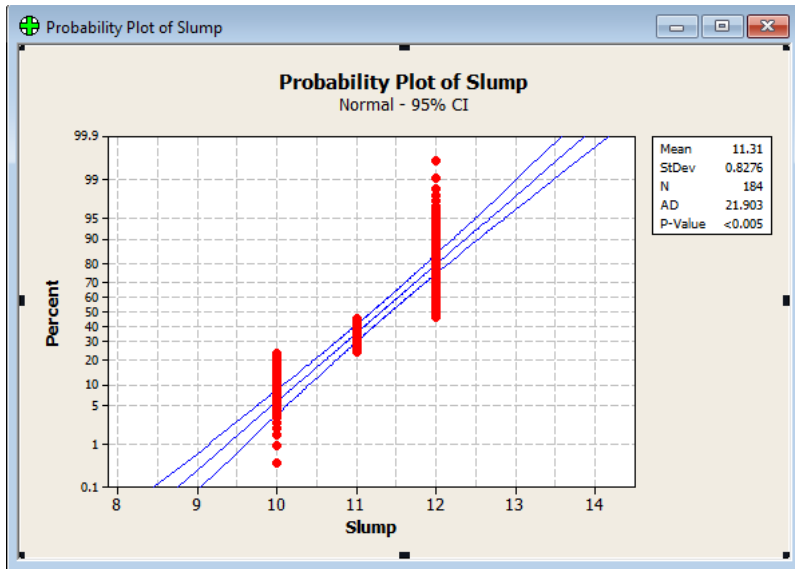
Perhitungan uji slump yang dilakukan di lapangan pada proses penerimaan beton mengacu pada SNI 1972-2008 tentang Metode Pengujian Slump Beton. Maka untuk Nilai uji slump masing-masing benda uji selengkapnya disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 3 Data Uji Slump Beton

no	slump (cm)	no	slump (cm)	no	slump (cm)	no	slump (cm)	no	slump (cm)	no	slump (cm)	no	slump (cm)
1	12	31	10	61	11	91	10	121	10	151	10	181	12
2	12	32	12	62	12	92	10	122	10	152	11	182	12
3	12	33	11	63	12	93	10	123	11	153	12	183	12
4	12	34	11	64	12	94	10	124	11	154	11	184	12
5	12	35	12	65	11	95	10	125	12	155	11		
6	12	36	12	66	12	96	11	126	12	156	11		
7	12	37	11	67	11	97	10	127	12	157	10		
8	12	38	12	68	11	98	12	128	12	158	10		
9	12	39	11	69	12	99	11	129	12	159	10		
10	10	40	11	70	11	100	11	130	12	160	10		
11	10	41	12	71	12	101	11	131	12	161	10		
12	12	42	12	72	11	102	12	132	12	162	11		
13	12	43	10	73	12	103	10	133	12	163	11		
14	12	44	10	74	10	104	11	134	12	164	12		
15	12	45	11	75	11	105	12	135	12	165	12		
16	12	46	10	76	10	106	12	136	12	166	12		
17	12	47	10	77	10	107	12	137	12	167	12		
18	12	48	11	78	10	108	10	138	12	168	12		
19	12	49	11	79	10	109	12	139	12	169	12		
20	11	50	12	80	10	110	12	140	12	170	12		
21	11	51	12	81	10	111	12	141	11	171	12		
22	11	52	10	82	11	112	12	142	11	172	12		
23	10	53	10	83	10	113	12	143	12	173	12		
24	10	54	11	84	10	114	12	144	12	174	12		
25	10	55	12	85	11	115	12	145	12	175	12		
26	12	56	10	86	10	116	12	146	12	176	12		
27	12	57	11	87	10	117	12	147	12	177	12		
28	11	58	12	88	10	118	12	148	12	178	12		
29	12	59	12	89	11	119	12	149	11	179	12		
30	12	60	12	90	10	120	10	150	11	180	12		

Data dan tabel data lengkap mengenai uji slump dapat dilihat pada lampiran penelitian ini.

Sebelum melakukan analisis untuk data slump yang diperoleh, pertama kita menguji kenormalan distribusi dari data tersebut. Hal ini perlu untuk dilakukan, mengingat analisis yang akan digunakan harus terhadap data yang tersebar normal. Dengan menggunakan software Minitab, diperoleh gambar dari sebaran data tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Uji Kenormalan Data Slump

Dari hasil uji kenormalan didapatkan hasil bahwa data tersebar dalam sebaran normal. Data dengan jumlah 184 buah data memiliki nilai tengah atau mean sebesar 11.31, dengan standart deviasi 0.827. Karena data tersebar normal, maka dapat dilakukan analisa lanjutan dengan menggunakan data slump yang telah di kumpulkan.

#### 4.5 Analisis Variabilitas Kuat Tekan Beton

Hasil dari kegiatan produksi beton readymix biasanya mempunyai variasi dalam hal kekuatan tekan, kadar air, slump beton atau nilai mutu lainnya. Hal ini terjadi karena banyak hal dan kondisi yang tidak dapat dikendalikan, yang mempunyai perilaku dan kinerja produksi beton readymix yang sedang ditinjau. Jadi dalam memberikan penilaian terhadap sesuatu, kita harus menyadari adanya penyimpangan. Dalam hal meihat data, kita berharap akan menjumpai adanya suatu penyimpangan atau

dispersi, dan penilaian terhadap kualitas kuat tekan beton digunakan nilai-nilai rata-rata (average) dan penyimpangannya. Konsepsi yang umum yang digunakan dalam menilai mutu beton ready mix adalah, secara rata-rata nilai kuat tekan beton tersebut memiliki persyaratan dan simpangan yang dimilikinya juga kecil.

Pada suatu produksi beton dengan mutu tertentu, terhadap data terdapat dua hal penting yaitu :

- a. kinerja keseluruhan dari produksi.
- b. perubahan yang terjadi selama pengukuran.

Terhadap data dapat digunakan tabel frekuensi yang menggambarkan jumlah contoh untuk setiap kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ). Selanjutnya dengan membuat suatu histogram, dengan mudah dapat dilihat bentuk distribusi data, nilai tengah, dan perilaku penyimpangan dari berbagai ukuran kuat tekan. Sedangkan untuk hal kedua dapat dilihat perubahan/penyimpangan dalam data secara Uji Kenormalan

Tabel 4. 4 Data Kuat Tekan

No	Data		
1	361.1	12	269.9
2	269.9	13	224.5
3	344.1	14	240.3
4	295.6	15	231.8
5	237.5	16	325.7
6	254.4	17	337.2
7	313.4	18	233.2
8	306.2	19	333.2
9	287.8	20	269.5
10	278.4	21	280.3
11	345.3	22	314.3
		23	330.1



24	306.6
25	335.4
26	309.8
27	295.7

28	314.3
29	317.2
30	299.2

Dengan melihat data yang terekam pada tabel data kuat tekan agar lebih memiliki arti maka tabel di atas dapat kita ubah cara penyajiannya.

Cara penyusunan tabel frekuensi dalam kumpulan data diatas adalah sebagai berikut :

- Jumlah data yang diperoleh,  $N=30$  data
- Tetapkan nilai terendah dan tertinggi dari data tersebut ( di urutkan untuk mempermudah).

Tabel 4. 5 Penyusunan Urutan Data

No	Data	Data Urutan
1	361.1	224.50
2	269.9	231.75
3	344.1	233.15
4	295.6	237.49
5	237.5	240.30
6	254.4	254.38
7	313.4	269.48
8	306.2	269.87
9	287.8	269.93
10	278.4	278.42
11	345.3	280.26
12	269.9	287.80
13	224.5	295.58
14	240.3	295.70
15	231.8	299.19
16	325.7	306.15
17	337.2	306.56
18	233.2	309.80
19	333.2	313.38
20	269.5	314.33
21	280.3	314.33
22	314.3	317.17
23	330.1	325.69
24	306.6	330.11
25	335.4	333.24
26	309.8	335.39

27	295.7	337.20	29	317.2	345.34
28	314.3	344.10	30	299.2	361.12

- c. Tetapkan nilai terendah dan tertinggi keseluruhan ( nilai batas absolut), yakni :  $X_b = 224.5$  dan  $X_a = 361.12$
- d. Hitung jangkauan atau range data :
- $$R = X_b - X_a$$
- $$= 361.12 - 224.5$$
- $$= 136.62 \text{ kg/cm}^2$$
- e. Tetapkan jumlah kelompok data atau kelas data, pedoman penetapan jumlah kelas

Tabel 4. 6 Ketentuan Kelas Interval

Banyaknya Sample Unit pengukuran	Banyaknya Kelas Interval
< 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10
101 - 150	7 - 12
> 150	10 - 12

atau dengan rumus :

$$K = 1 + 3.3 \log n$$

$$= 1 + 3.3 \log 30$$

$$= 5.8745$$

Dalam hal ini, karena data yang tercatat berjumlah 30, maka ditetapkan jumlah kelas adalah  $k = 6$

- f. Tetapkan interval kelas atau besarnya jangkauan setiap kelas :
- $$h = R/K$$
- $$= 136.62/6$$
- $$= 22.7 \approx 23$$

Jangkauan nilai pada tabel frekuensi harus dapat mengakomodasi semua kemungkinan nilai yang ada, atau dengan kata lain harus memuat semua nilai antara  $X_b$  hingga  $X_a$ . Nilai jangkauan kelas  $h$  harus merupakan bilangan cacah dengan besaran digit yang sama dengan nilai pengukuran.

Agar tidak terjadi satu data jatuh dalam dua kelas yang berdampingan, maka batas kelas harus diambil pada nilai yang tidak dimiliki oleh suatu nilai data. Sehingga masing-masing kelas akan memiliki interval sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Interval kelas

Kelas	Interval
1	223-246
2	247-270
3	271-294
4	295-318
5	319-342
6	343-366

- g. Selanjutnya disusun tabel frekuensi untuk data berdasarkan kelas dan lebar atau batas kelas dari tabel interval.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Frekuensi Tiap Interval

Kelas	Interval	Frekuensi (F)	Persentase (%)
1	223-246	5	16.67
2	247-270	4	13.33
3	271-294	3	10.00
4	295-318	10	33.33
5	319-342	5	16.67
6	343-366	3	10.00
	total	30	100.00

Frekuensi didapatkan dengan cara menghitung berapa jumlah data dari total seluruh data yang ada yang memasuki kelas atau interval tertentu. Misalnya untuk kelas 1 dengan interval 223-246 terdapat 5 data yang memenuhi range tersebut yaitu data 224.50,231.75,233.15,237.49,dan 240.30.

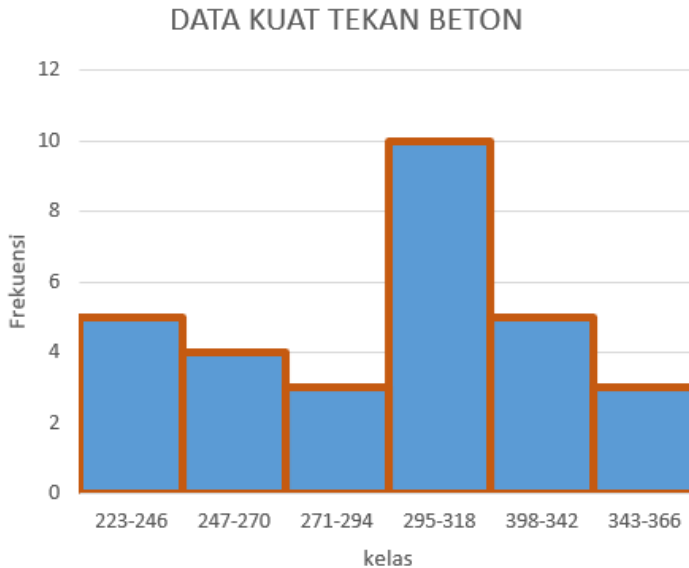
Tabel 4. 9 Pengelompokan Data berdasarkan Nomor Kelas

<b>Data Urutan</b>	<b>No. Kelas</b>		
224.50	1	299.19	
231.75		306.15	
233.15		306.56	
237.49		309.80	
240.30		313.38	
254.38	2	314.33	
269.48		314.33	
269.87		317.17	
269.93		325.69	
278.42	3	330.11	5
280.26		333.24	
287.80		335.39	
295.58	4	337.20	6
295.70		344.10	
		345.34	
		361.12	

Jumlah frekuensi dihitung dari data urutan seperti tabel di atas. Persentase di dapat dari frekuensi pada interval tersebut di bagi total semua data yang ada. Misalnya pada kelas1 :  $(5/30) \times 100 = 16.67\%$

Histogram adala gambaran /sajian grafis sederhana yang secara mudah disusun berdasarkan tabel frekuensi. Pada grafik ini,

sumbu horizontal menunjukkan besaran pengukuran yang terbagi dalam beberapa kelas pengukuran, sedangkan sumbu vertikal menggambarkan jumlah data yang jatuh dalam masing-masing kelas atau frekuensi tiap kelas.

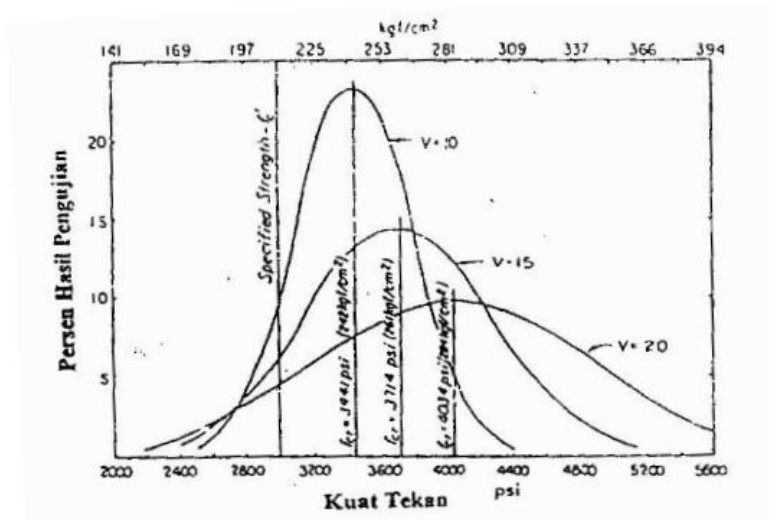


Gambar 4. 9 Hasil Data Kuat Tekan beton

Gambar diatas memperlihatkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan beton berada dalam batas- batas yang disyaratkan, namun demikian sebaran atau penyimpangan sangat besar. Karenannya sebaran harus dikurangi, artinya konstistensi kuat tekan harus lebih dipertahankan di sekitar nilai rata-ratanya.

Selanjutnya dilakukan perhitungan mengenai variabilitas. Kekuatan contoh uji beton pada proyek yang akan dikontrol dapat diasumsikan ada dalam pola yang mendekati kurva distribusi frekuensi normal. Jika dilakukan kontrol yang baik, nilai kekuatan

beton akan berkumpul mendekati nilai rata-rata, dan kurva berbentuk tinggi dan sempit. Bila variasi kekuatan beton bertambah. Nilai penyebar dari kekuatan menjadi rendah dan melebar seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 10 Kurva Frekuensi Normal

Sumber : SNI 03-6815-2002

Tata cara perhitungann persentase koefisien variasi dengan acuan sni 03-6815-2002 adalah sebagai berikut :

- Menghitung nilai rata-rata dari semua data kuat tekan.dengan cara menjumlahkan semua nilai data tersebut dibagi dengan jumlah data yang ada. Sehingga di dapatkan rata-rata dari data (x) tersebut adalah 29.1 kg/cm<sup>2</sup>
- Menghitung deviasi standart dengan persamaan :

$$\text{Standart deviasi } (\sigma) = \sqrt{\frac{\sum(Xi-\bar{x})^2}{(n-1)}} = 3.557$$

- Menghitung koefisien Variasi. Koefisien variasi dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}\text{Koefisien variasi } (v) &= \frac{\sigma}{x} \times 100 \\ &= \frac{3.557}{29.1} \times 100 \\ &= 12.2\%\end{aligned}$$

- Dengan memakai acuan standart kontrol yang tertera pada SNI 03-6815-2002 di bawah ini :

Tabel 4. 10 Standar Kontrol Beton

Standar Kontrol Beton					
Variasi Keseluruhan					
Klas Operasi	Deviasi Standar untuk standar kontrol yang berbeda ( kgf/cm <sup>2</sup> )				
	Terbaik	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Pengujian Konst. umumnya	di bawah 28.1	28.1 - 35.2	35.2-42.2	42.2 - 49.2	di atas 49.2
Percobaan Laboratorium	di bawah 14.1	14.1 - 17.6	17.6 - 21.1	21.1 - 24.6	di atas 24.6

Dapat disimpulkan bahwa standart kontrol beton masuk kedalam kategori terbaik karena memiliki variasi 12.2 atau dibawah 14.3 untuk percobaan laboratorium.

#### 4.6 Analisis Variabilitas Slump Beton

Salah satu bentuk penyajian data yang paling mendasar dan sederhana adalah bentuk tabel dua dimensi yang memuat urutan pengukuran dan hasil/nilai pengukuran yang ada. Untuk itu maka perlu dilakukan pembagian kelompok dalam menggunakan interval kelompok data yang diperoleh dari hasil pengukuran kuat

tekan beton terhadap data slump seperti pada tabel data uji slump beton.

Dengan melihat data yang terekam pada tabel data kuat tekan agar lebih memiliki arti maka tabel di atas dapat kita ubah cara penyajiannya.

#### 4.4.1.1 Penyusunan Tabel Frekuensi

Cara penyusunan tabel frekuensi dalam kumpulan data diatas adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah data yang diperoleh,  $N=184$  data
- b. Tetapkan nilai terendah dan tertinggi dari data tersebut ( di urutkan untuk mempermudah).
- c. Tetapkan nilai terendah dan tertinggi keseluruhan ( nilai batas absolut), yakni :  $X_b= 12$  dan  $X_a= 10$
- d. Hitung jangkauan atau range data :  

$$R= X_b-X_a = 12-10$$

$$= 2 \text{ kg/cm}^2$$
- e. Tetapkan jumlah kelompok data atau kelas data, pedoman penetapan jumlah kelas

Tabel 4. 11 Ketentuan kelas Interval

Banyaknya Sample Unit pengukuran	Banyaknya Kelas Interval
< 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10
101 - 150	7 - 12
> 150	10 - 12

atau dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 K &= 1+3.3 \log n \\
 &= 1+3.3 \log 184 \\
 &= 8.473
 \end{aligned}$$



Dalam hal ini, karena data yang tercatat berjumlah 184 dan memiliki variasi sedikit dan untuk menghindari gap yang terjadi antar interval, maka ditetapkan jumlah kelas adalah  $k = 3$  lebih sedikit dari pada jumlah kelas yang ditetapkan menggunakan perhitungan rumus ataupun tabel.

- f. Tetapkan interval kelas atau besarnya jangkauan setiap kelas :

$$h = R/K = 2/3 = 0.6667 \approx 0.67$$

Jangkauan nilai pada tabel frekuensi harus dapat mengakomodasi semua kemungkinan nilai yang ada, atau dengan kata lain harus memuat semua nilai antara  $X_b$  hingga  $X_a$ . Nilai jangkauan kelas  $h$  harus merupakan bilangan cacah dengan besaran digit yang sama dengan nilai pengukuran.

Agar tidak terjadi satu data jatuh dalam dua kelas yang berdampingan, maka batas kelas harus diambil pada nilai yang tidak dimiliki oleh suatu nilai data. Sehingga masing-masing kelas akan memiliki interval sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Interval Kelas Data Slump

kelas	Interval
1	10.00-10.67
2	10.68-11.34
3	11.35-12.02

- g. Selanjutnya disusun tabel frekuensi untuk data berdasarkan kelas dan lebar atau batas kelas dari tabel interval.

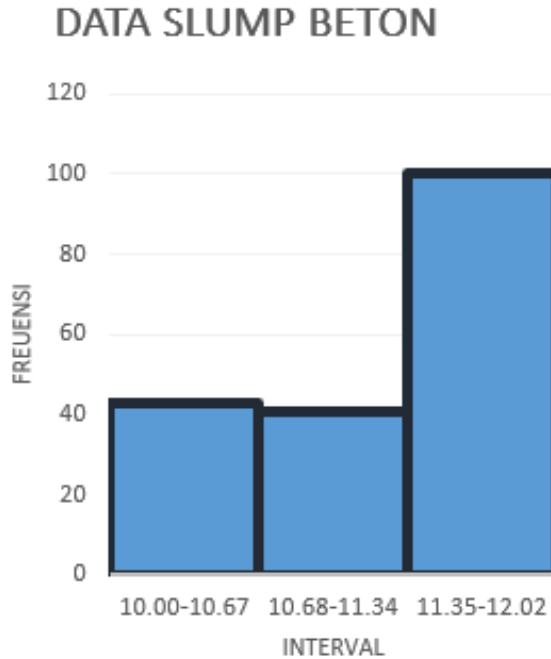
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Frekuensi Tiap Interval

Kelas	Interval	Frekuensi (F)	Persentase (%)
1	10.00-10.67	43	0.23
2	10.68-11.34	41	0.22
3	11.35-12.02	100	0.54
	Total	184	1.00

Frekuensi didapatkan dengan cara menghitung berapa jumlah data dari total seluruh data yang ada yang memasuki kelas atau interval tertentu. Misalnya untuk kelas 1 dengan interval 10.00-10.67 terdapat 41 data yang memenuhi range tersebut.

Persentase di dapat dari frekuensi pada interval tersebut di bagi total semua data yang ada. Misalnya pada kelas 1 :  $(43/184) \times 100 = 0.23 = 23\%$

Histogram adalah gambaran /sajian grafis sederhana yang secara mudah disusun berdasarkan tabel frekuensi. Pada grafik ini, sumbu horizontal menunjukan besaran pengukuran yang terbagi dalam beberapa kelas pengukuran, sedangkan ssumber vertikal menggambarkan jumlah data yang jatuh dalam masing-masing kelas atau frekuensi tiap kelas.



Gambar 4. 11 Grafik Data Slump terhadap Frekuensi dan Interval

Dari gambar data slump beton di tunjukkan bahwa sebaran data terbanyak adalah pada interval antara 11.35-12.02.

#### 4.7 Analisis Pengendalian Proses Statistik Kuat Tekan

Alat bantu pengendalian proses statistik yang digunakan adalah peta kendali (*control chart*), yaitu jenis bagan kendali rata-rata (*x chart*) dan kendali rentang (*R chart*). Bagan kendali rata-rata dan kendali rentang digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinyu dengan jenis data yang diolah berupa data variabel. Langkah awal analisis kendali rata-rata (*x chart*) dan kendali rentang (*R chart*) adalah menentukan garis pusat *CL* (*control limit*) seperti yang dtunjukkan pada Tabel

Tabel 4. 14 Data Kuat Tekan Untuk Peta kendali X dan R

No	Kuat Tekan kg/cm2		Hasil Uji x	R
	I	II	III	IV
1	361.124	269.873	315.498	91.251
2	344.098	295.580	319.839	48.517
3	237.488	254.382	245.935	16.894
4	313.385	306.152	309.768	7.233
5	287.796	278.417	283.107	9.378
6	345.340	269.926	307.633	75.414
7	224.500	240.301	232.400	15.801
8	231.752	325.691	278.722	93.939
9	337.201	233.154	285.177	104.047
10	333.236	269.485	301.361	63.751
11	280.264	314.333	297.299	34.070
12	330.111	306.556	318.333	23.556
13	335.393	309.800	322.597	25.593
14	295.700	314.333	305.017	18.633
15	317.170	299.185	308.178	17.985

- Langkah pertama adalah mengelompokkan data.  
Data dikelompokkan berdasarkan batch (pelaksanaan pengecoran ke-). Pada setiap batch diambil dua sample benda uji yang telah di uji laboratorium hasil kuat tekannya.

- Mencari nilai x dari hasil uji  
Nilai x dari hasil uji di dapatkan dari rata-rata kuat tekan silinder I dan silinder II pada satu batch yang sama.

Contohnya :

Untuk batch I di dapatkan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder I adalah sebesar 361.124 kg/cm2 dan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder II adalah sebesar 269.873 kg/cm2. Maka menghitung rata- ratanya ( x) adalah :

$$= \frac{(361.124 + 269.873)}{2} = 315.498$$

- Mencari nilai  $R$

Nilai  $R$  didapat dari selisih antara dua benda uji tersebut.

Contohnya :

Untuk batch I di dapatkan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder I adalah sebesar 361.124 kg/cm<sup>2</sup> dan hasil kuat tekan laboratorium terhadap silinder II adalah sebesar 269.873 kg/cm<sup>2</sup>. Maka selisih antara 361.124 dan 269.873 adalah 91.251

- Mencari nilai  $\bar{x}$

Nilai  $\bar{x}$  di dapat dari nilai rata- rata seluruh jumlah  $x$  yang ada. Maka :

$$= (315.498+319.839+245.935+309.768+283.107+307.633+232.400+278.722+285.177+301.361+297.299+314.333+306.556+309.800+314.333+299.185)/15$$

$$= 295.391 \text{ kg/cm}^2$$

- Mencari nilai  $\bar{R}$

Nilai  $\bar{R}$  di dapat dari nilai rata- rata seluruh jumlah  $x$  yang ada. Maka :

$$=(91.251+48.517+16.894+7.233+9.378+75.414+15.801+93.939+104.047+63.751+34.070+23.556+25.593+18.633+17.985)/15$$

$$= 43.0708$$

- Mencari batas setiap peta kendali

Dari Tabel diketahui bahwa nilai  $\bar{x} = 295.391$  dan  $\bar{R} = 43.0708$ , sehingga batas-batas pengendaliannya adalah sebagai berikut :

#### 4.6.1 Batas kendali $\bar{x}$

Garis pusat CL (*Control Limit*)

$$= \bar{x}$$

$$= 295.391$$

Batas kendali atas UCL (*Upper Control Limit*)

$$= \bar{x} + A2 \bar{R}$$

$$= 295.391 + (1.88 \times 43.0708)$$

$$= 376.364$$

Batas kendali bawah LCL (*Lower Control Limit*)

$$= \bar{x} - A2 \bar{R}$$

$$= 295.391 - (1.88 \times 43.0708)$$

$$= 214.4177$$

Catatan : Nilai A2 di dapat dari tabel konstanta bagan kendali di bawah ini :

Tabel 4. 15 Konstanta bagan kendali

Ukuran sampel (n)	Bagan kendali R		Bagan kendali X-bar	Simpangan baku proses		
	D3	D4	A2	d2	c4	d3
2	0	3.269	1.880	1.128	0.7979	0.853
3	0	2.574	1.023	1.693	0.8862	0.888
4	0	2.282	0.729	2.059	0.9213	0.880
5	0	2.114	0.577	2.326	0.9400	0.864
6	0	2.004	0.483	2.534	0.9515	0.848
7	0.076	1.924	0.419	2.704	0.9594	0.833
8	0.136	1.864	0.373	2.847	0.9650	0.820
9	0.184	1.816	0.337	2.970	0.9693	0.808
10	0.223	1.777	0.308	3.078	0.9727	0.797
11	0.256	1.744	0.285	3.173	0.9754	0.787
12	0.283	1.717	0.266	3.258	0.9776	0.778

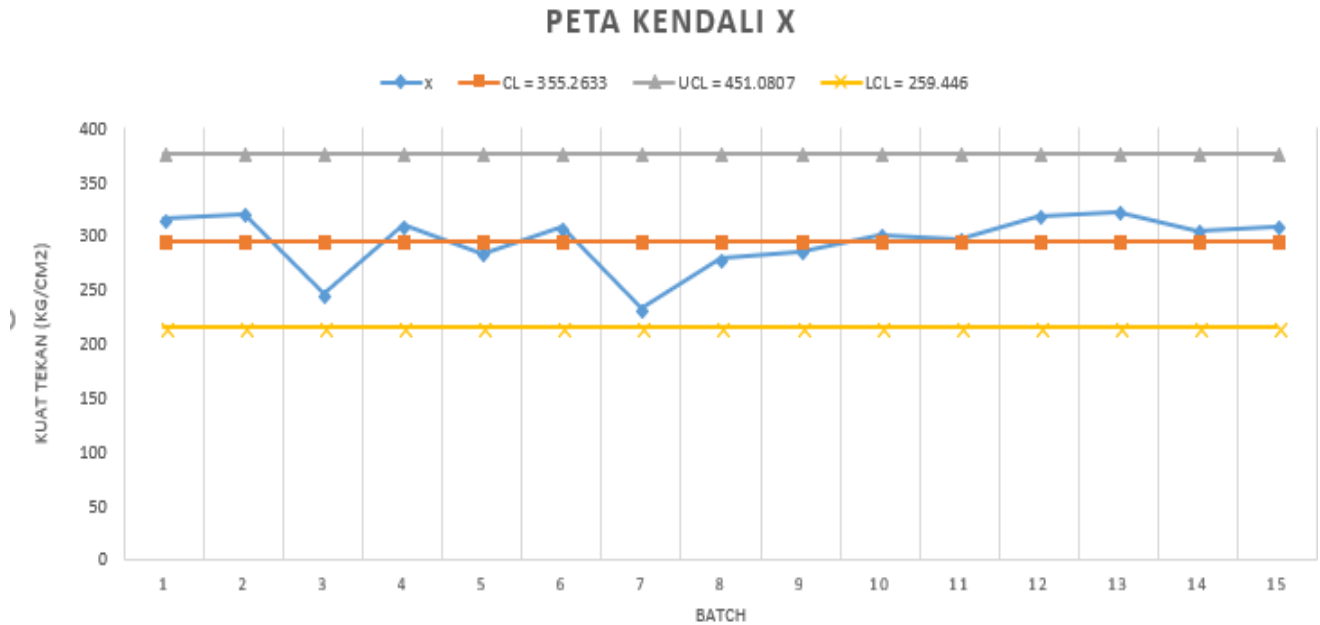
Karena data memiliki ukuran sampel 2 dalam satu sub grup, maka nilai A2 adalah 1.88. Tabel konstanta lengkap di lampirkan.

#### 4.6.2 Batas kendali $\bar{R}$

Garis pusat CL (*Control Limit*)  
 $= \bar{R} = 43.07$

Batas kendali atas UCL (*Upper Control Limit*)  
 $= D4 \times \bar{R}$   
 $= 3.269 \times 43.07$   
 $= 140.798$

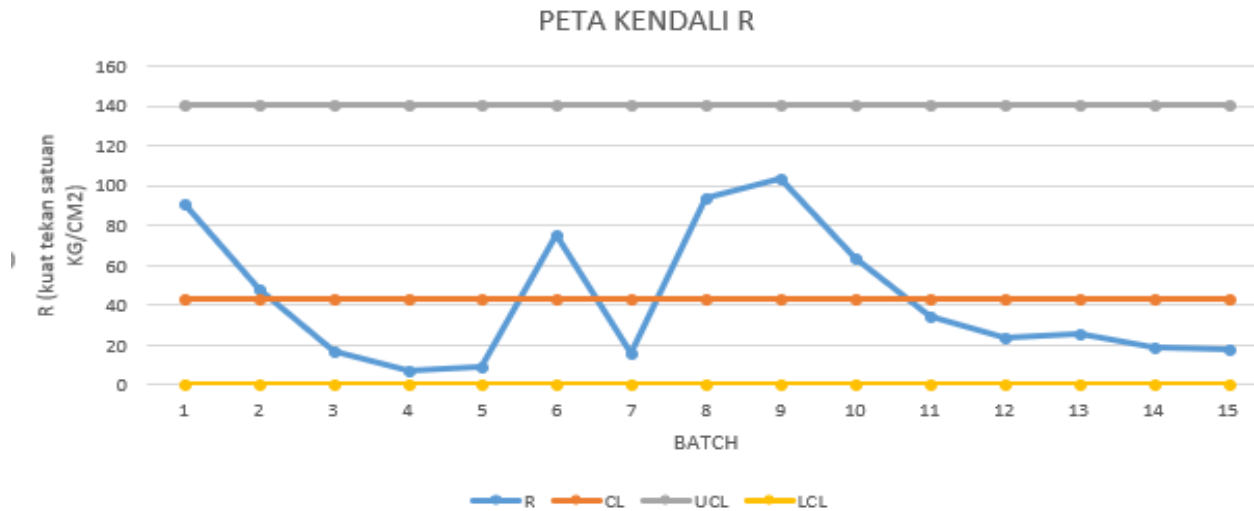
Batas kendali bawah LCL (*Lower Control Limit*)  
 $= D3 \times \bar{R}$   
 $= 0 \times 43.07$   
 $= 0$

**Peta Kendali X Untuk Hasil Uji Kuat Tekan**

Gambar 4. 12 Peta kendali X Untuk Hasil Uji Kuat Tekan



### Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Kuat Tekan



Gambar 4. 13 Peta Kendali R Untuk Hasil Uji Kuat Tekan

Peta kendali  $\bar{x}$ -bar dan R digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu, sehingga peta kontrol  $\bar{x}$ -bar dan R sering di sebut sebagai peta kontrol untuk data variabel. Peta kontrol  $\bar{x}$  bar di atas menjelaskan tentang perubahan – perubahan nilai kuat tekan beton dari beberapa subgrup (batch) yang telah terjadi dalam ukuran titik pusat ( central tendency) atau rata-rata dari proses.hal ini memungkinkan di sebabkan oleh faktor- faktor seperti peralatan yang dipakai, peningkatan temperatur akibat pengaruh lingkungan, perbedaan metode yang digunakan dalam sift pertama dan kedua, perbedaan kelompok kerja yang menjalankan pengecoran dari pengecoran pertama ke pengecoran kedua.ataupun hal-hal lainnya dalam hal ini peta kendali  $\bar{x}$  barr di atas menunjukan tidak ada data yang keluar dari batas kendali. Hal ini menjelaskan bahwa proses pengecoran yang dilakukan di apartement Bis square masih terkendali hal ini di buktikan dari tidak ada satupun data yang melewati batas-batas kendali ( LCL ataupun UCL).

#### **4.6.3 Evaluasi Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan karakteristik beton rencana pada pekerjaan pengecoran kolom dan pelat lantai Proyek Apartment Biz Square Surabaya sesuai spesifikasi teknis adalah K 300 atau  $f'_c$  24.06 MPa, maka menurut SNI 03-2847-2002 beton tersebut dapat dikategorikan memenuhi syarat apabila:

Kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika 2 (dua) hal berikut dipenuhi :

- 1) Setiap nilai rata-rata dari 3 (tiga) uji kuat tekan yang berurutan memiliki nilai  $\geq f'_c$  (lihat Persamaan 3),
- 2) Tidak ada nilai uji kuat tekan (yang dihitung berdasarkan rata-rata dua buah uji silinder) memiliki nilai  $< (f'_c - 3,5 \text{ Mpa})$  (lihat Persamaan 4).

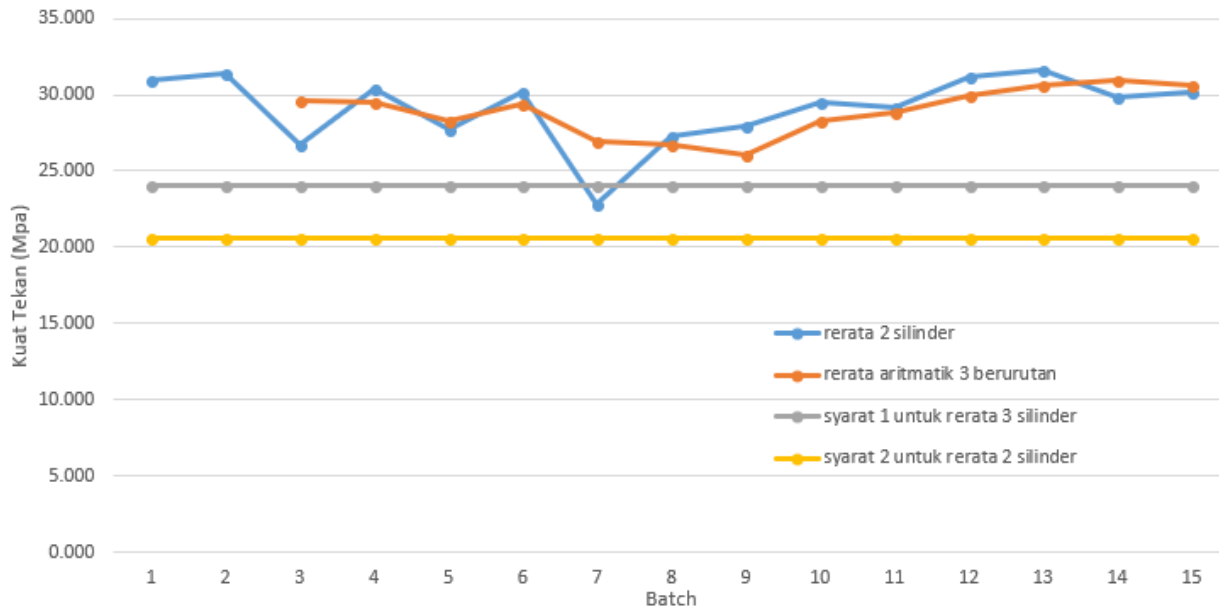
Sumber : SNI 03-2847-2002

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan beton yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari 24.06 MPa.
2. Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah 20.56 Mpa. Untuk lebih mempermudah dan memahami hasil evaluasi kuat tekan beton tersebut maka perhitungan evaluasi kuat tekan beton disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 16 Hasil Evaluasi Kuat Tekan Beton

kuat tekan Mpa		rerata 2 silinder Mpa	rerata aritmatik 3 berurutan Mpa	syarat 1	syarat 2	keterangan
I	II	III	IV	V	VI	VII
35.393	26.431	30.912	-	-	10.352	OK
33.784	28.942	31.363	-	-	10.803	OK
28.419	24.944	26.682	29.652	5.592	6.122	OK
30.769	30.038	30.403	29.483	5.423	9.843	OK
28.261	27.261	27.761	28.282	4.222	7.201	OK
33.855	26.506	30.181	29.448	5.388	9.621	OK
22.000	23.579	22.790	26.910	2.850	2.230	OK
22.734	31.929	27.331	26.767	2.707	6.771	OK
33.043	22.871	27.957	26.026	1.966	7.397	OK
32.653	26.433	29.543	28.277	4.217	8.983	OK
27.499	30.778	29.138	28.879	4.819	8.578	OK
32.333	30.111	31.222	29.968	5.908	10.662	OK
32.921	30.400	31.661	30.674	6.614	11.101	OK
29.000	30.778	29.889	30.924	6.864	9.329	OK
31.101	29.312	30.207	30.585	6.525	9.647	OK

Dari evaluasi diatas dapat disimpulkan bahwa semua pengecoran yang dilakukan pada proyek apartment Biz Square ini memiliki mutu K-300 atau 24.06 Mpa.

**Peta Kendali Evaluasi Kuat Tekan Beton**

Gambar 4. 14 Peta Kendali Evaluasi Kuat Tekan Beton

#### 4.8 Analisis Pengendalian Proses Statistik Untuk Hasil Uji Slump

Untuk data slump juga dilakukan proses pengendalian statistik dengan menggunakan peta kendali. Dari data slump yang berjumlah 184 buah data di buat peta kendali. pengukuran slump dilakukan setiap pengecoran dengan jumlah sampel yang tidak sama pada setiap batch pengecoran. Maka dalam pendedalian skualitas statistik ini digunakan peta kendali I-dan MR ( individual dan Moving range ).

##### 4.7.1 Batas Kendali Individu ( I-control chart)

Batas- batas kendali yang digunakan adalah sebagai berikut :

Batas kendali atas (UCL)

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d2}$$

Garis tengah (CL)

$$CL = \bar{X}$$

Batas Kendali bawah (LCL)

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d2}$$

Langkah ke 1: Menghitung rata-rata nilai x. Berdasarkan perhitungan terhadap hasil observasi maka diketahui jumlah nilai slump ( $\sum x_i$ )= 2081 dan jumlah observasi (n) = 184, maka:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } (\bar{X}) &= \frac{\sum x_i}{n} \\ &= 2081 / 184 \\ &= 11.310 \end{aligned}$$

Langkah 2 : menghitung rata- rata nilai MR. Nilai MR ( moving range) adalah selisih perbedaan antara kedua data yang berdekatan. Misalnya data pertama dan data kedua, data kedua dan data ketiga, data ketiga dan data ke empat, dst. Setelah semua selisih dari data di jumlahkan hasil penjumlahannya di bagi dengan jumlah data-1.

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata } (\overline{MR}) &= \frac{MRi}{n-1} \\ &= 82 / 183 \\ &= 0.448\end{aligned}$$

Langkah ke 3: Menghitung batas – batas kendali UCL, CL dan LCL

Garis tengah (CL)

$$\begin{aligned}\text{CL} &= \bar{X} \\ &= 11.310\end{aligned}$$

Batas kendali atas (UCL)

$$\begin{aligned}\text{UCL} &= \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d2} \\ \text{UCL} &= 11.310 + 3 \frac{0.448}{1.128} \\ \text{UCL} &= 12.502\end{aligned}$$

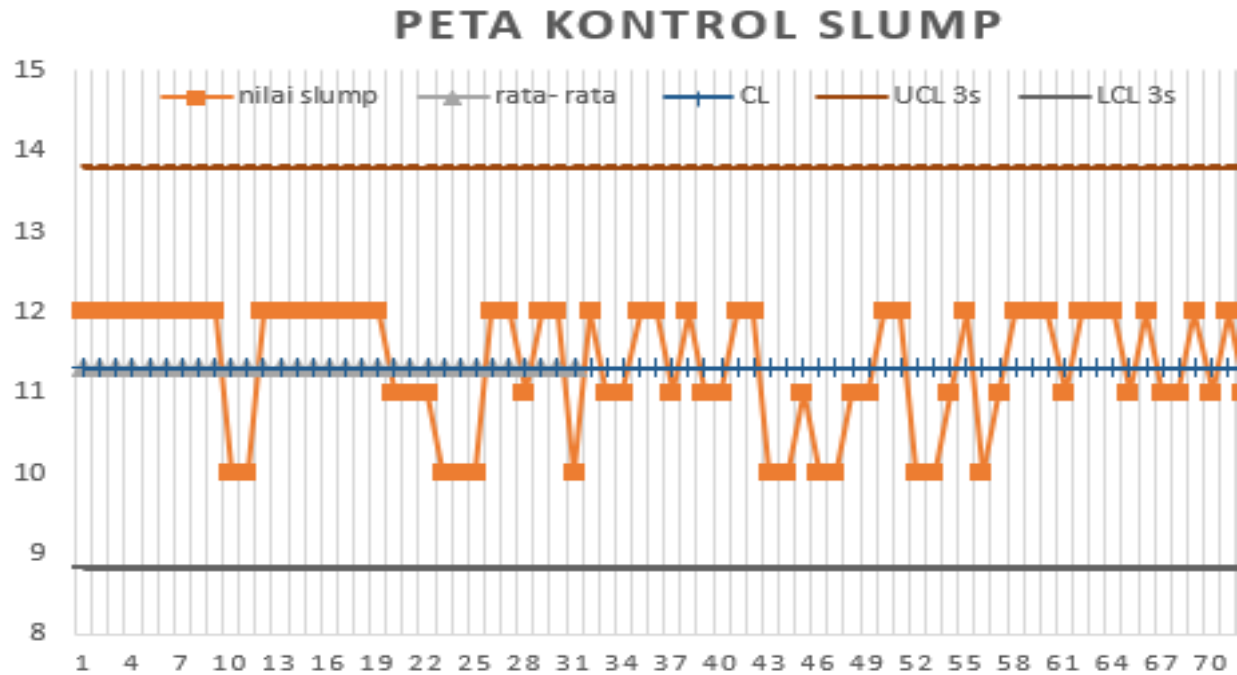
Nilai d2 dapat dilihat pada tabel di lampiran

Batas Kendali bawah (LCL)

$$\begin{aligned}\text{LCL} &= \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d2} \\ \text{LCL} &= 11.310 - 3 \frac{0.448}{1.128} \\ \text{LCL} &= 10.118\end{aligned}$$

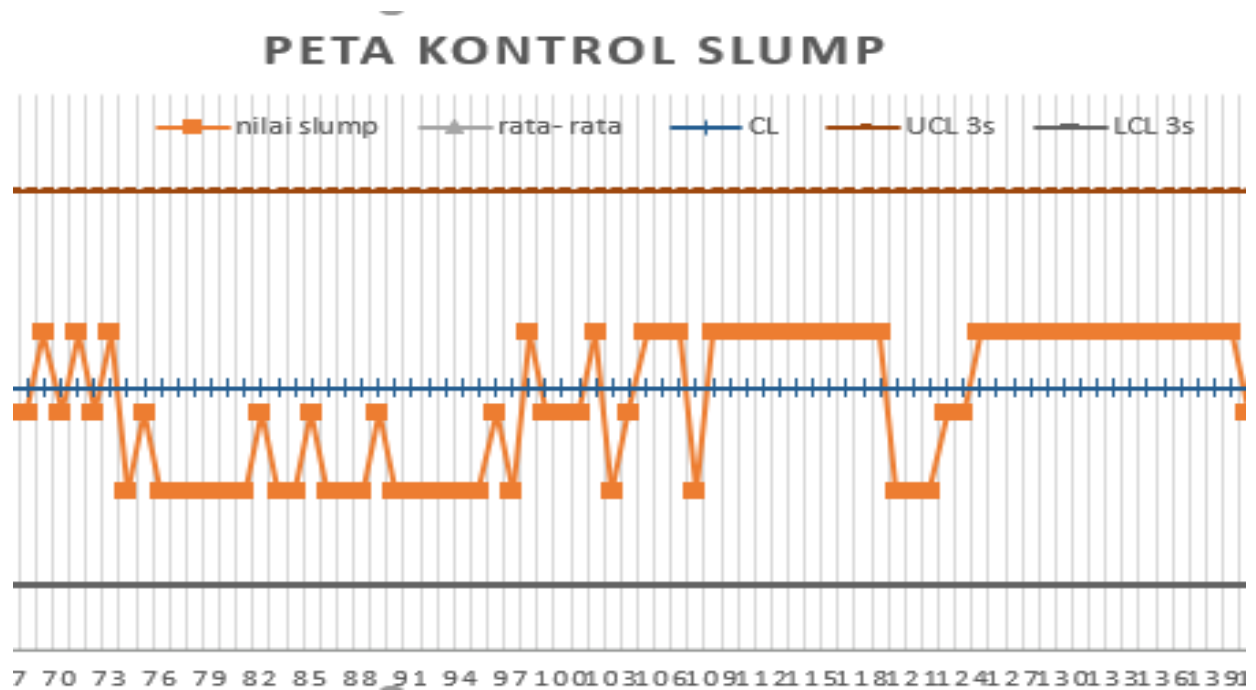
Langkah ke 4 : Menggambar peta kendali dengan cara memplot nilai x ( data slump) pada masing masing titik sesuai dengan urutan pengambilan sampelnya. Dan memasukan batas-batas kendali yang sebelumnya sudah dihitung.

### Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 1-71)



Gambar 4. 15 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 1-71)

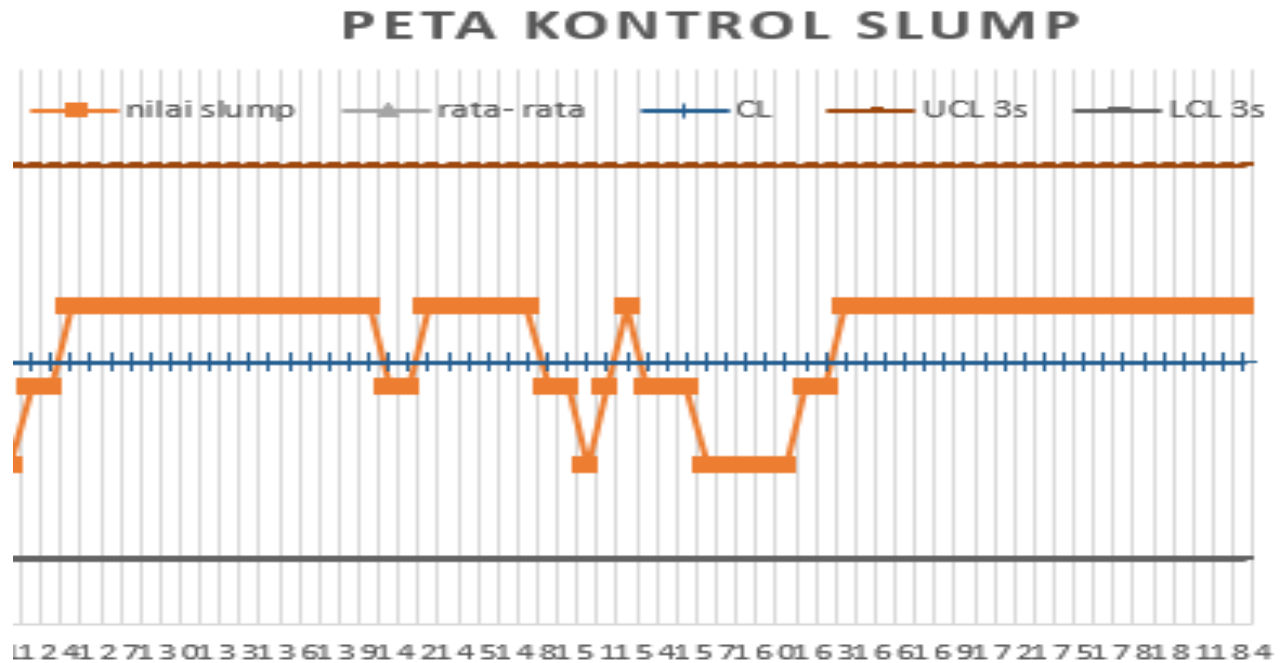
### Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 71-139)



Gambar 4. 16 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 71-139)



### Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184)



Gambar 4. 17 Peta Kendali Individu Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184)

#### 4.7.2 Batas Kendali Moving Range ( MR-control chart)

Batas- batas kendali yang digunakan adalah sebagai berikut :

Batas kendali atas (UCL)

$$UCL = D4 \times \overline{MR}$$

Garis tengah (CL)

$$CL = \overline{MR}$$

Batas Kendali bawah (LCL)

$$LCL = D3 \times \overline{MR}$$

Langkah ke 1: Menghitung rata-rata nilai x. Berdasarkan perhitungan terhadap hasil observasi maka diketahui jumlah nilai slump ( $\sum x_i$ )= 2081 dan jumlah observasi (n) = 184, maka:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } (\bar{X}) &= \frac{\sum x_i}{n} \\ &= 2081 / 184 \\ &= 11.310 \end{aligned}$$

Langkah 2 : menghitung rata- rata nilai MR. Nilai MR ( moving range) adalah selisih perbedaan antara kedua data yang berdekatan. Misalnya data pertama dan data kedua, data kedua dan data ketiga, data ketiga dan data ke empat, dst. Setelah semua selisih dari data di jumlahkan hasil penjumlahannya di bagi dengan jumlah data-1.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } (\overline{MR}) &= \frac{MR_i}{n-1} \\ &= 82 / 183 \\ &= 0.448 \end{aligned}$$

Langkah ke 3: Menghitung batas – batas kendali (UCL, CL dan LCL) :

Batas kendali atas (UCL)

$$\begin{aligned} UCL &= D4 \times \overline{MR} \\ &= 3.267 \times (0.448) \\ &= 1.464 \end{aligned}$$

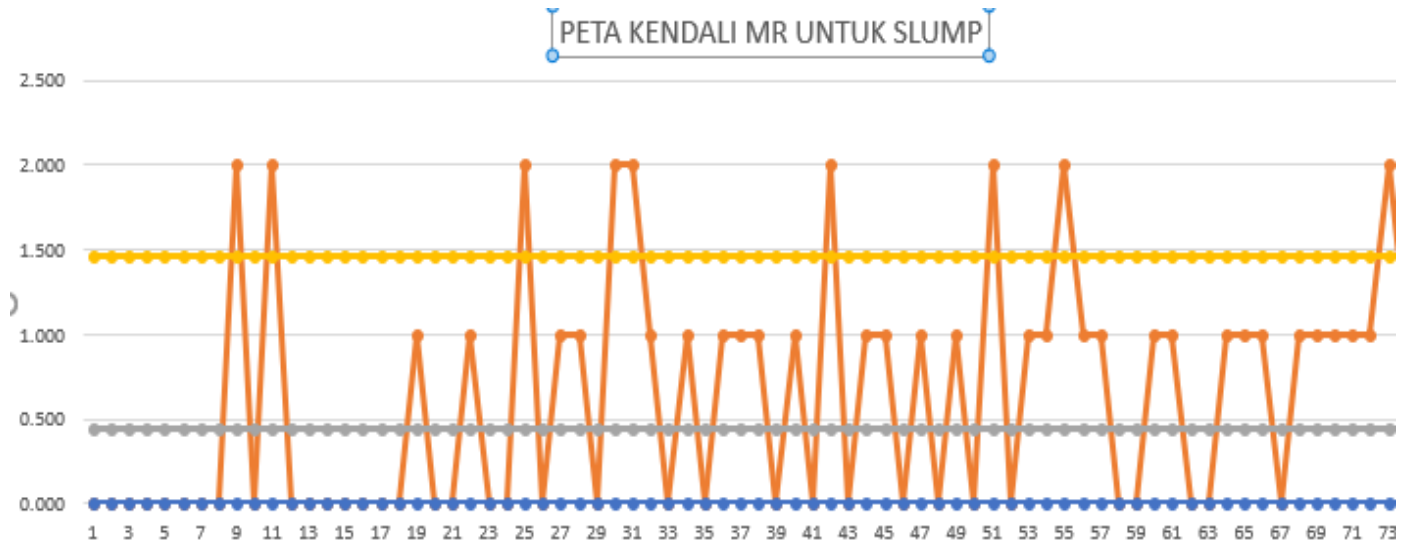
Garis tengah (CL)

$$\begin{aligned} CL &= \overline{MR} \\ &= 0.448 \end{aligned}$$

Batas Kendali bawah (LCL)

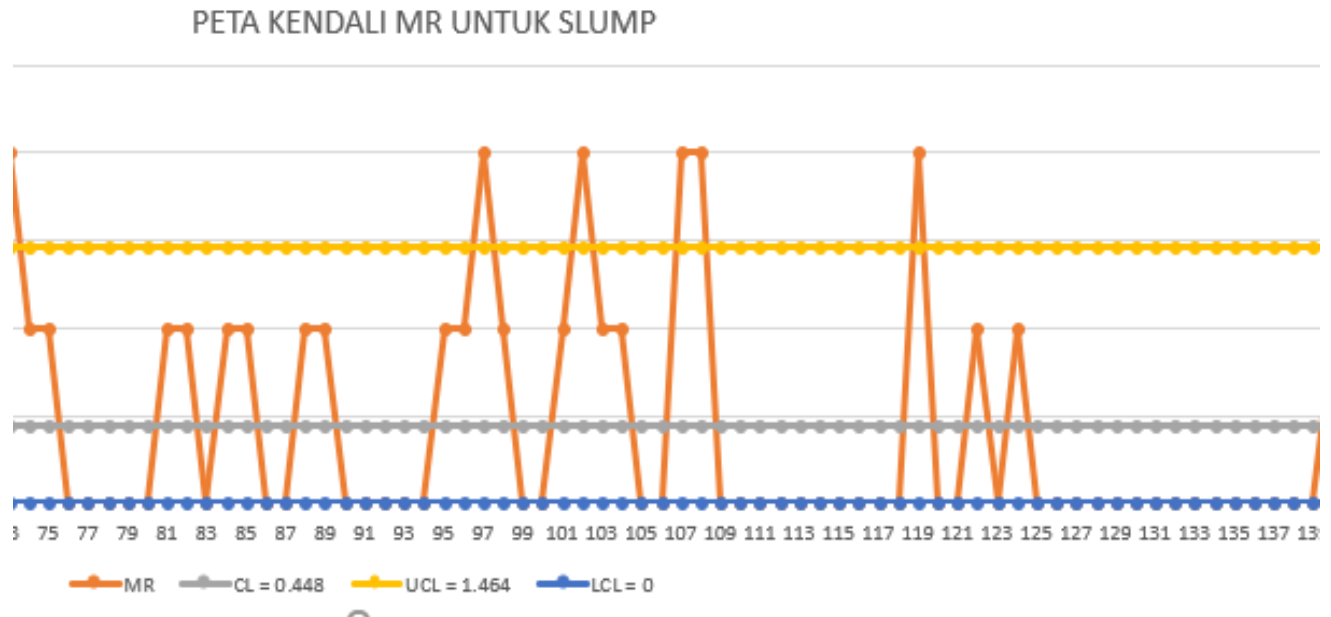
$$\begin{aligned} LCL &= D3 \times \overline{MR} \\ &= 0 \times 0.488 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Langkah ke 4 : Menggambar peta kendali dengan cara memplot nilai  $\bar{x}$  ( data slump) pada masing masing titik sesuai dengan urutan pengambilan sampelnya. Dan memasukan batas-batas kendali yang sebelumnya sudah dihitung.

**Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 1-73)**

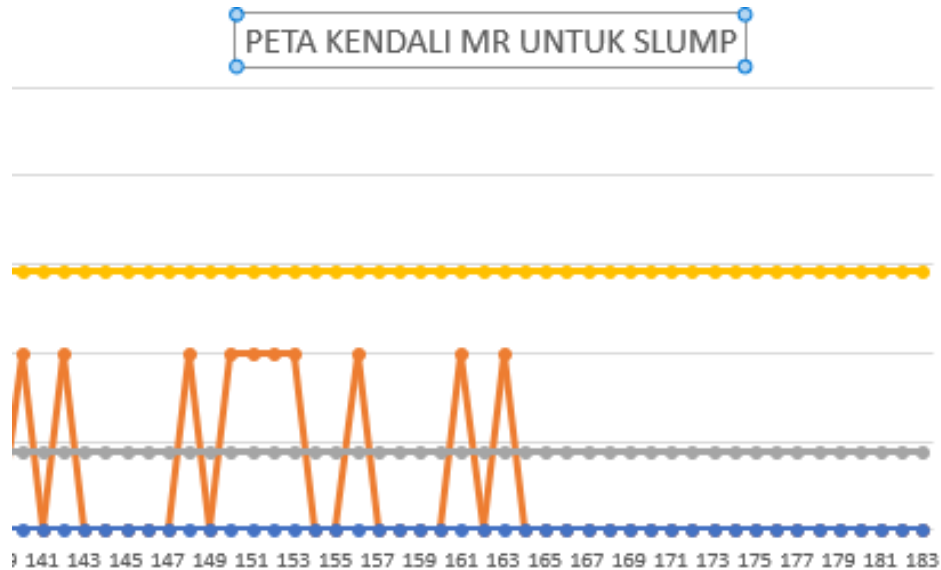
Gambar 4. 18 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 1-73)

### Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 73-139)



Gambar 4. 19 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 73-139)

### Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184)



Gambar 4. 20 Peta Kendali MR Untuk Hasil Uji Slump (data 139-184)

## **BAB V**

### **Hasil Analisis**

#### **5.1 Critical to Quality pada Output Produk Beton**

Karakteristik kualitas (Critical to Quality = CTQ) utama yang dilakukan dalam pengendalian kualitas. Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengukuran terhadap setiap karakteristik kualitas atau CTQ diantaranya adalah :

1. Biaya yang dikeluarkan sebaiknya tidak lebih besar daripada hasil atau manfaat yang diperoleh.
2. Pengukuran harus sederhana dan mudah.
3. Pengukuran harus diterima dan dipercaya semua pihak.
4. Pengukuran harus berfokus pada tindakan korektif dan peningkatan, bukan sekedar pada pemantauan dan peninjauan.

Dengan memperhatikan keempat hal di atas, maka karakteristik kualitas yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

CTQ : Kuat tekan pada 28 hari target :300 kg/cm<sup>2</sup>

Atau  $f_c' = 24.06 \text{ Mpa}$

Dengan cara (SNI 2487-2002):

- K300 yaitu 300 Kg/cm<sup>2</sup>
- $F_{cK} = 300 \times 0.098 = 29.4 \text{ Mpa}$
- $F_c' = (0.76 + 0.20 \times \log(\frac{K}{15})) \times K$
- $F_c' = (0.76 + 0.20 \times \log(\frac{29.4}{15})) \times 29.4$
- $F_c' = 24.06 \text{ Mpa}$

CTQ : Slump

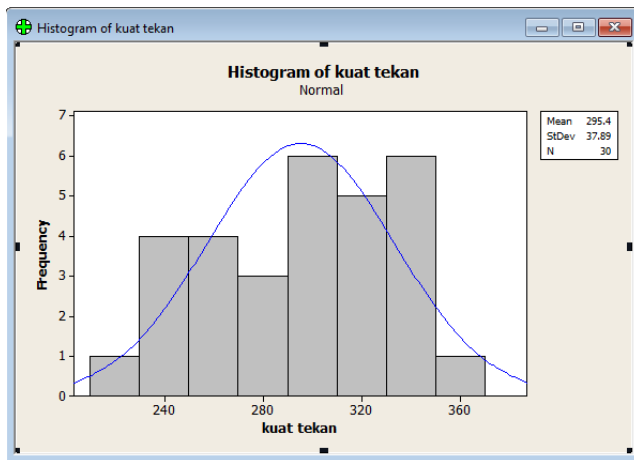
target :  $10 \pm 2 \text{ cm}$

## 5.2 Hasil Analisa Variabilitas Kuat Tekan Beton

Histogram yang secara umum dinilai normal atau baik adalah histogram yang mempunyai bentuk simetris, yang artinya simpangan data terdistribusi dalam proporsi yang sama untuk nilai-nilai di atas maupun di bawah nilai rata-ratanya. Dalam kajian statistik pola distribusi seperti ini umum dikenal dengan distribusi normal. Pada kenyataannya pola distribusi data yang tergambar pada histogram tidak selalu normal, kadang condong ke satu arah, mempunyai puncak ganda atau bahkan bergerigi.

Menurut Nunung Subiyanto dalam buku *Training SPC* (Jakarta:2008) histogram seperti yang dihasilkan di atas dari data kuat tekan tergolong histogram yang memiliki karakteristik distribusi normal. Pada distribusi normal banyak kejadian yang muncul secara acak (random) menghasilkan data distribusi bell shaped. Kurva yang menghubungkan

Dari hasil menggunakan software Minitab didapatkan bentuk histogram seperti di bawah ini :



Gambar 4. 21 Histogram Kuat Tekan beton



Dari data hasil analisa terhadap 30 buah data kuat tekan, didapatkan mean atau nilai tengah data adalah sebesar 295.4 dengan standart deviasi 37.89. Hal ini menunjukkan bahwa data-data kuat tekan berbentuk distribusi normal yang mana memiliki puncak di tengah-tengah-tengah yang berarti harga rata-rata histogram terletak ditengah range data. Frekuensi data paling tinggi berada di tengah dan menurun secara bertahap dikedua sisinya.

### **5.3 Hasil Analisa Penyimpangan Proses Kuat Tekan**

Beberapa titik pada peta kendali  $\bar{x}$  dan R pada analisa pengendalian yang membentuk grafik, memiliki berbagai macam bentuk yang dapat memberitahu kapan proses dalam keadaan tidak terkendali dan perlu dilakukan perbaikan. Perlu diperhatikan, bahwa adanya kemungkinan titik-titik tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya penyimpangan pada proses berikutnya.

Adapun indikasi penyimpangan pada proses dapat dilihat dari tren peta kendali yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Deret  
Apabila terdapat 7 titik berturut-turut pada peta kendali yang selalu berada di atas atau di bawah garis tengah secara berurutan.
- b. Kecenderungan  
Bila dari 7 titik berturut-turut cenderung menuju ke atas atau ke bawah garis tengah atau membentuk sekumpulan titik yang membentuk garis yang naik atau turun.
- c. Perulangan  
Dari sekumpulan titik terdapat titik yang menunjukkan pola yang hampir sama dalam selang waktu yang sama.
- d. Terjepit dalam batas kendali  
Apabila dari sekelompok titik terdapat beberapa titik pada peta kendali cenderung selalu jatuh dekat garis tengah atau batas kendali atas maupun bawah
- e. Pelompatan

Apabila beberapa titik yang jatuh dekat batas kendali tertentu secara tiba-tiba titik selanjutnya jatuh di dekat batas kendali yang lain.

Dari hasil analisa terhadap trend yang ada pada peta kendali dapat diketahui bahwa proses pelaksanaan pengecoran beton yang dilakukan pada proyek Biz Square ini masih terkendali dan tidak menunjukkan indikasi penyimpangan proses seperti di jelaskan pada point-point di atas. Untuk tetap menjaga proses dengan tujuan menjaga mutu maka beberapa langkah yang harus dilakukan pada saat pelaksanaan proses pengecoran adalah sebagai berikut :

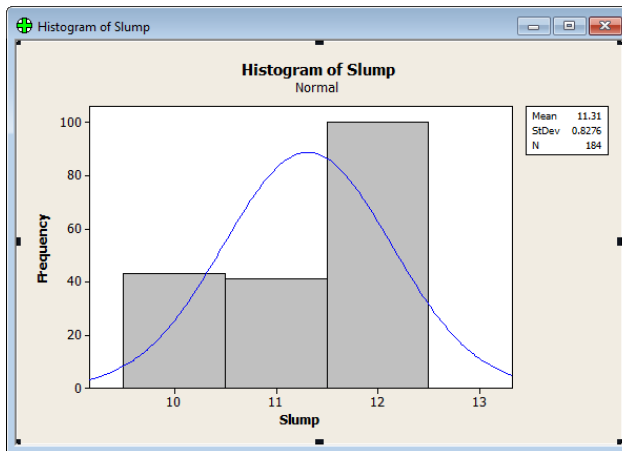
- Intensif melakukan curing terhadap beton yang sudah dicor hingga beton mengeras. Curing dilakukan untuk menjaga suhu di sekitar beton agar tidak terjadi penurunan mutu yang diakibatkan oleh tegangan capacity yang tidak bisa menahan regangan terhadap temperature. Curing dapat dilakukan dengan cara menyemprotkan air di permukaan beton atau dengan cara lain yaitu menutup permukaan beton dengan styrofoam atau pasir.
- Melakukan proses pengecoran sesuai dengan SOP yang telah ditetapkan. Pihak pengawas lapangan diharapkan dapat memantau agar tidak terjadi penyimpangan terhadap proses pengecoran. Misalnya menambahkan air pada campuran beton. Dengan menambahkan air pada campuran beton dapat menurunkan mutu. Hal ini dikarenakan dari hasil mix design, kandungan air semen (water cement ratio) yang ada telah disesuaikan dengan mutu yang dituju. Jadi menambahkan semen pada pelaksanaan dengan alasan mempermudah proses pengecoran harus sangat di perhatikan.

#### 5.4 Hasil Analisa Variabilitas Uji Slump

Histogram yang secara umum dinilai normal atau baik adalah histogram yang mempunyai bentuk simetris, yang artinya simpangan data terdistribusi dalam proporsi yang sama untuk nilai-nilai di atas maupun di bawah nilai rata-ratanya. Dalam kajian statistik pola distribusi seperti ini umum dikenal dengan distribusi normal. Pada kenyataannya pola distribusi data yang tergambar pada histogram tidak selalu normal, kadang condong ke satu arah, mempunyai puncak ganda atau bahkan bergerigi.

Menurut Nunung Subiyanto dalam buku *Training SPC* (Jakarta:2008) histogram seperti yang dihasilkan di atas dari data kuat tekan tergolong histogram yang memiliki karakteristik distribusi normal. Pada distribusi normal banyak kejadian yang muncul secara acak (random) menghasilkan data distribusi bell shaped. Kurva yang menghubungkan

Dari hasil menggunakan software Minitab didapatkan bentuk histogram seperti di bawah ini :



Gambar 4. 22 Histogram data slump

Hal ini menunjukkan bahwa data-data kuat tekan berbentuk distribusi normal yang mana memiliki puncak di tengah-tengah-tengah yang berarti harga rata-rata histogram terletak ditengah range data. Frekuensi data paling tinggi berada di tengah dan menurun secara bertahap dikedua sisinya.

### **5.5 Analisa Penyimpangan Proses Uji Slump**

Pada peta kendali I dan MR yang dihasilkan dari analisa kontrol proses menggunakan peta kendali, didapatkan hasil bahwa untuk peta kendali I terdapat data slump yang berhimpit dengan batas kendali bawah. Hal ini di karenakan data slump yang sama pada pengendalian proses. Untuk itu diharapkan agar perbaikan proses pengumpulan data dan pengisian pada berita acara pengetesan slump. Penulis menyarankan agar pengumpulan data dilapangan menggunakan dimensi yang lebih spesifik dari cm misalnya menggunakan satuan mm. Terdapat indikasi penyimpangan pada proses dapat dilihat dari tren peta kendali I dan MR yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

a. Deret

Apabila terdapat 7 titik berturut-turut pada peta kendali yang selalu berada di atas atau di bawah garis tengah secara berurutan. Dapat dilihat pada tren slump terdapat beberapa deret yang terjadi berulang.

b. Kecenderungan

Bila dari 7 titik berturut-turut cenderung menuju ke atas atau ke bawah garis tengah atau membentuk sekumpulan titik yang membentuk garis yang naik atau turun.

c. Perulangan

Dari sekumpulan titik terdapat titik yang menunjukkan pola yang hampir sama dalam selang waktu yang sama.

d. Terjepit dalam batas kendali

Apabila dari sekelompok titik terdapat beberapa titik pada peta kendali cenderung selalu jatuh dekat garis tengah atau batas kendali atas maupun bawah

e. Pelompatan

Apabila beberapa titik yang jatuh dekat batas kendali tertentu secara tiba-tiba titik selanjutnya jatuh di dekat batas kendali yang lain.

Dari hasil analisa terhadap trend yang ada pada peta kendali I dan MR dapat diketahui bahwa proses pengecoran pada proyek ini untuk analisa data slump yang ada banyak yang melewati batas peta kendali. Untuk diagram individual dijelaskan bahwa slump memasuki proses tidak terkendali karena ada beberapa data yang keluar dari control chart. Begitu juga pada peta kendali MR terdapat beberapa titik yang keluar dari batas kendali. Tetapi untuk hasil uji kuat tekan masih dalam proses terkendali. Untuk itu penulis memberikan saran agar proses pengetesan slump di lapangan dilakukan dengan pengukuran dimensi yang lebih spesifik (satuan mm).

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil dari analisis *statistical process control* (SPC) pada pekerjaan pembetonan (pengecoran) pada proyek pembangunan Apartement Biz square di Surabaya adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis variabilitas pada kuat tekan baik karena menghasilkan kekuatan beton yang relatif seragam.
2. Berdasarkan evaluasi mutu beton sesuai SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, bahwa mutu beton pada Proyek Apartment Biz Square di kota surabaya bisa dikategorikan memenuhi syarat atau diterima sebagai beton  $f_c$  24.06 MPa atau setara K 300.

#### **6.2 Saran**

Agar penelitian selanjutnya dapat mencapai hasil yang lebih sempurna maka penulis menyarankan agar :

1. Dilakukan pengukuran lebih teliti terhadap slump beton. Pengukuran slump beton yang dilakukan pada proyek pelaksanaan pembangunan apartment biz square ini masih menggunakan input data dengan satuan cm. Agar pengukuran lebih teliti sebaiknya pada pelaksanaan input data di lapangan di gunakan satuan mm.
2. Agar management mutu proses produksi beton ini seharusnya di terapkan pada pelaksanaan di lapangan, karena pada perusahaan kontraktor yang melaksanakan pembangunan ini belum melakukan management mutu proses produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

Aman S. 1995. Teknologi Beton Dalam Praktek. Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS – dipakai untuk kalangan sendiri.

Ari S A, Aman S, Helmy D. 2003. Evaluasi Mutu Beton Dengan Metode SPC Produksi PT Multi Borneo Abadi. Tesis Program Magister Teknik Sipil, Untag Surabaya.

*Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik. Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas. Yogyakarta: Penerbit Andi.*

Bower, K. M. (n.d.). 2016 . *Statistical process control (SPC)*, <<http://asq.org/learn-about-quality/statistical-process-control/overview/overview.html>>.

Departemen Pekerjaan Umum. 1989. Draft Pedoman Beton. Jakarta.

Endang B R, Nurul R, Helmy D. 2003. Studi Analisa Pemantauan Mutu Beton.

Eriyatno, 2003. *Ilmu Sistem Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen*. IPB Press. Bogor.

Gryna, F. M. 2001. *Quality Planning and Analysis From Product Development Through Use (4<sup>th</sup> edition)*. Singapore: Mc-Graw Hill Int. Edition.

Helmy D. 2002. SPC Untuk Pengendalian dan Evaluasi Mutu Beton.

Marchal, dkk. 2007. *Teknik-Teknik Statistika dalam Bisnis dan Ekonomi, Edisi Ketigabelas*. Jakarta: Salemba Empat.

- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. 2003. *Applied statistics and probability for engineers*. (3th ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. 2005. *Introduction to statistical quality control*. (5th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nelson, L. S. 1988. Control charts: rational subgroups and effective applications. *Journal of Quality Technology*, 20(1), 73–75.
- Sower, V. E. 2011. *Essentials of quality with cases and experiential exercises*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.





Prasetya Pandu Hutomo,  
Penulis dilahirkan di Surabaya 6 mei 1993. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharmawanita (Surabaya), SDN Kali Rungkut (Surabaya), SMPN 35 (Surabaya), SMAN 16 (Surabaya). Setelah lulus SMA pada tahun 2011 penulis di terima di Jurusan Diploma III Teknik sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dengan NRP 3112130127. Dijurusan Teknik sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi dengan topik tugas akhir Management Konstruksi. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Kemudian setelah lulus Diploma III Teknik Sipil-ITS, Penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS dan diterima pada tahun 2016, terdaftar dengan NRP 3116105007.

**LAMPIRAN**

Gambar 1 Proses Pengecoran

Sumber : hasil survey lapangan penulis



*Gambar.2 Truck Mixer*

Sumber : survey lapangan penulis



*Gambar.1 Gambar Tes Slump dan Pembuatan Benda Uji*

Sumber : hasil survey lapangan penulis



*Gambar.3 Proses Pengecoran Oleh kelompok kerja*

Sumber : hasil survey lapangan penulis

PT TATA BUMI RAYA  
Pondokling No. 223 Surabaya  
Phone (031) 508042, 5079439

JADWAL MONITORING TES UJUI BETON

NO	TANGGAL	PERUSAHAAN	UMUR BETON			KET
			24 (Hari)	28 (Hari)	28 (Hari)	
1	29-Nov-17	PT VARIA USANA BETON	09-Dec-17	SABTU	23-Dec-17	SABTU Cor plate lantai 2
2	27-Nov-17	PT VARIA USANA BETON	13-Dec-17	SENIN	25-Dec-17	SENIN Cor plate lantai 2
3	29-Nov-17	PT VARIA USANA BETON	12-Dec-17	SELASA	29-Dec-17	SELASA Cor plate lantai 2
4	30-Nov-17	PT VARIA USANA BETON	14-Dec-17	KAMIS	28-Dec-17	KAMIS Cor plate lantai 2
5	02-Dec-17	PT VARIA USANA BETON	16-Dec-17	SABTU	30-Dec-17	SABTU Cor plate lantai 2
6	05-Dec-17	PT VARIA USANA BETON	19-Dec-17	SELASA	02-Jan-18	SELASA Cor plate lantai 2
7	06-Dec-17	PT VARIA USANA BETON	20-Dec-17	KAMIS	03-Jan-18	KAMIS Cor plate lantai 2

Surabaya 11 Desember 2017

*Gambar.4 Jadwal Pengecoran*

Sumber : Kontraktor (PT. Tata Bumi Raya)

PROYEK ; BIZ SQURE RUNGKUT

NO	TANGGAL	LOKASI COR	SAT	VOLUME	KOMULATIF	KETERANGAN
1	29-Sep-17	Cor pile cup dan sloof	m3	7	7	STP
2			m3	5	12	
3			m3	5	17	
4			m3	7	24	Po 38 m3 ( 24 m3 )
5	4-Oct-17	Cor pile cup dan sloof	m3	5	29	
6			m3	7	36	
7			m3	7	43	
8			m3	7	50	
9			m3	7	57	
10	6-Oct-17	Cor pile cup dan sloof	m3	7	64	
11			m3	4	68	
12			m3	7	75	
13			m3	6	81	
14			m3	7	88	
15			m3	7	95	
16			m3	7	102	
17			m3	5	107	
18			m3	4,5	111,5	
19	9-Oct-17	Cor pile cup + pondasi	m3	7	118,5	
20		pitlif	m3	4	122,5	
21			m3	7	129,5	Po 100 m3( 105,5m3 )
22	11-Oct-17	Cor lantai dasar	m3	7	136,5	
23			m3	5	141,5	
24			m3	5	146,5	
25			m3	5	151,5	
26	12-Oct-17	Cor pile cup + lantai dasar	m3	7	158,5	
27			m3	7	165,5	
28			m3	6	171,5	
29	16-Oct-17	Cor pile cup + kolom	m3	5	176,5	
30			m3	7	183,5	
31			m3	5	188,5	
32			m3	7	195,5	
33	18-Oct-17	Cor pilcup dan kolom	m3	7	202,5	
34		dinding pitlif	m3	7	209,5	
35			m3	7	216,5	
36			m3	7	223,5	
37			m3	5	228,5	Po 100 m3( 99 m3 )
38	21-Oct-17	Cor kolom dan plate lantai dasar	m3	5	233,5	
39			m3	7	240,5	
40			m3	3	243,5	
41	24-Oct-17	Cor kolom dan plate lantai dasar	m3	7	250,5	
42			m3	7	257,5	
43			m3	6	263,5	
44	26-Oct-17	Cor kolom dan plate lantai dasar	m3	7	270,5	
45			m3	5	275,5	
46			m3	4	279,5	
47	28-Oct-17	Cor kolom dan Pile cape	m3	7	286,5	
48			m3	7	293,5	
49			m3	5	298,5	
50			m3	6	304,5	
51	30-Oct-17	Cor plate lantai dasar	m3	7	311,5	
52			m3	3	314,5	
53	31-Oct-17	Cor kolom	m3	6	320,5	
54	1-Nov-17	Cor plate lantai dasar	m3	7	327,5	
55			m3	5,5	333	
56	2-Nov-17	Cor kolom	m3	6	339	
57			m3	6	345	
58	4-Nov-17	Cor kolom	m3	6	352	
59	20-Nov-17	Cor pilcape	m3	6	358	
60			m3	6	364	
61			m3	3	367	
62	22-Nov-17	Cor pilcape+sloof	m3	7	374	
63			m3	7	381	
64			m3	5	386	
65	23-Nov-17	Cor pilcape +lantai	m3	5	391	
66			m3	5	396	
67			m3	7	403	
68			m3	5	408	

Gambar.5 Jadwal Monitoring Tes Uji Beton



*Gambar.6 Berita Acara Pengetesan Slump*



Kontraktor (PT. Tata Bumi Raya)

[illegible]

# VARIA USAHA BETON

(Grup Semen Gresik)

3 Lelaki, 5 Perempuan 30 Hari, Sabtu, 01/06/2018  
 Telp. 031-8000008 Fax. 031-8001706  
 Email: info@variasb.com Homepage: www.variasb.com

PERMILAHAN BERAKSI

RT	KEMASUKAN	KLASIFIKASI	UMUR	JML. LK	JML. PR	REMARK
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						

## Berita Acara Pengiriman Beton Siap Pakai (BAPB)

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK: \_\_\_\_\_

NO. TWITTER: \_\_\_\_\_

NO. INSTAGRAM: \_\_\_\_\_

NO. LINE: \_\_\_\_\_

NO. ZOOM: \_\_\_\_\_

NO. SKYPE: \_\_\_\_\_

NO. TELEGRAM: \_\_\_\_\_

NO. SIGNAL: \_\_\_\_\_

NO. VIBRATOR: \_\_\_\_\_

NO. PUMP: \_\_\_\_\_

NO. TRUCK: \_\_\_\_\_

NO. BASKET: \_\_\_\_\_

NO. RUMAH: \_\_\_\_\_

NO. KANTOR: \_\_\_\_\_

NO. LAIN-LAIN: \_\_\_\_\_

PT. VARIA USAHA BETON

NO. BAPB: \_\_\_\_\_

ALAMAT: \_\_\_\_\_

NO. TEL: \_\_\_\_\_

NO. FAX: \_\_\_\_\_

NO. HP: \_\_\_\_\_

NO. WHATSAPP: \_\_\_\_\_

NO. EMAIL: \_\_\_\_\_

NO. WEBSITE: \_\_\_\_\_

NO. YOUTUBE: \_\_\_\_\_

NO. FACEBOOK:

[illegible]


**LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN**

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLOLO SURABAYA 60111  
TELP. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284  
FAX. (031) 5927650

**TEST KOKOH TEKAN HANCUR KUBUS/SILINDER BETON**
**No. 0014 TBU 001 / LB3 / I / 2018**

Dikirim Oleh : PT.TATA BUMI RAYA  
Diterima Tanggal : 03 Januari 2018  
Untuk Pekerjaan : RIZ SQUARE RUNGKUT  
Banyaknya : 3 ( tiga ) bh

NO	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur hari	Ukuran cm	Berat kg	Tekanan Hancur ton	Tegangan Hancur kg/cm <sup>2</sup>	Tegangan Hancur MPa	Konversi Teg. Hancur ke kubus kg/cm <sup>2</sup>	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	05-Des-2017	20-Des-2017	15	Φ 15 x 30	12.70	56.80	321.4	31.5	387.2	Lantai K 300 / Beton dari PTT.Varia Usaha Beton
2	05-Des-2017	04-Jan-2018	30	Φ 15 x 30	12.71	45.00	271.6	26.6	327.2	Lantai K 300 / Beton dari PTT.Varia Usaha Beton
3	05-Des-2017	04-Jan-2018	30	Φ 15 x 30	12.73	61.20	346.3	34.0	417.2	Lantai K 300 / Beton dari PTT.Varia Usaha Beton

**Catatan:**

1. Penggetesan menurut SNI 03 - 1974 - 1990
2. Benda uji yang diterima, berbentuk Silinder Beton Φ 15 x 30 cm
3. Hasil uji tersebut diatas berdasarkan contoh yang diterima



Surabaya, 16 Januari 2018

Kepala


*Gambar .8 Hasil Pengujian Kuat Tekan*

Sumber : Kontraktor (PT. Tata Bumi Raya)

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Selasa tanggal 10 Juli 2018 jam 08.00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

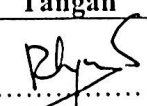
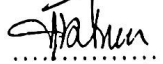

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000007	Prasetya Pandu Hutomo	Pengendalian Kualitas dengan SPC (Statistical Process Control) untuk Mutu Beton Pada Proyek Apartment Biz Square

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- *abstract : gap ditampilkan, bukan karena volume banyak, proses.*
- *metodologi: proses kontrol yang benar & perbaikan.*
- *prosesnya perlu diceritakan.. metode dan analisis harus sama*
- *pastikan testnya pakai apa? silindris / kubus.*
- *flowchart perlu ditampilkan (SPC).*
- *Pada penjelasan Run chart, terasah hasil analisis variability*
- *Pengawasan dan pengendalian tidak ada.*
- *Pengajiannya harus 2 tabel (number unit & number data).*
- *tujuan ke(2) → koreksi ...*

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Retno Indryani, MT	
Ir. I Putu Artama Wiguna, MT. PhD	
Moh Arif Rohman, ST. MSc	
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST, MT	

Surabaya, 10 Juli 2018  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
Supriyanti, ST. MT

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

=

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Pak Supani, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Prasetiya Pandu Hutomo
NRP	: 03111645000007
JUDUL TUGAS AKHIR	: Pengendalian kualitas dengan SPC (Statistical Process control) untuk mutu beton pada proyek biz square Apt
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 020565/IT2.V.4.1/PP-05.02-00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	21/02/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>mengumpulkan data kuat tekan</li> <li>menyempurnakan proposal sebagai acuan bab 1-3 data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mencoba membuat histogram</li> <li>mempelajari peta kendali</li> </ul>	su
2	22/02/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>membuat contoh perhitungan histogram</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>memulai penulisan pembahasan</li> </ul>	su
3	19/03/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>menulis bab pembahasan</li> <li>membuat perhitungan peta kendali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>melanjutkan penulisan laporan tugas akhir (Bab IV)</li> </ul>	su
4	24/03/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>penyempurnaan excel perhitungan</li> <li>update data sekunder dari proyek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>membuat laporan perhitungan peta kendali</li> </ul>	su